



מדינת ישראל

ועדת ההיגוי הבינמשרדית להיערכות לרעידות אדמה

עקרונות ושיטות לאישור אכלוס מבנים לאחר רעידת אדמה בישראל

מהדורה 2

יוני 2016

ד"ר מתי אדן – יעוץ הנדסי



הקדמה

רעידת אדמה הינה תופעת טבע אשר עלולה להתרחש בכל עת. רעידת האדמה משפיעה על שטחים רחבים, גם במרחק ניכר ממוקד הרעידה, ועלולה לגרום לנזקים בהיקף גדול במיוחד באזורים עירוניים צפופים. רעידות אדמה חזקות במדינת ישראל, שבדאי תתרחשנה, עלולות לגרום נזק לעשרות אלפי מבנים, ולהשפיע על מאות אלפי אנשים, שרבים מהם ישארו חסרי קורת גג.

נסיון שהצטבר באירועים דומים שהתרחשו ברחבי העולם במהלך העשורים האחרונים מראה כי הרוב המוחלט של האנשים מפחדים לחזור לביתם גם אם המבנה לא נפגע, או נפגע קלות באופן שאינו מסכן חיי אדם.

החזרת מספר גדול ככל הניתן של אנשים, שנשארו חסרי קורת גג לביתם יקל על המדינה בטיפול בתוצאות האירוע, יפנה את המשאבים לטיפול במוקדים קריטיים ויאפשר הגעה מהירה יותר לשלב השיקום.

הספר המובא לפניכם מפרט את העקרונות ואת ההנחיות לסקירה והערכת בטיחות מבנים לאחר רעידת אדמה (Building Safety Evaluation) - המכונה להלן **מיון מבנים לאחר רעידת אדמה** - במטרה לקבוע את רמת הסיכון לאכלוס המבנים ולאפשר לאנשים לחזור לביתם בביטחה ובמהירות האפשרית.

להלן מפורטת שיטת מיון פרוגרסיבית הכוללת רמות שונות של מיון, החל ממיון מהיר המבוצע בהיקפים גדולים ועד למיון מפורט ומעמיק יותר של המבנים הדורשים זאת, ומותאמת לרמות מגוונות של ידע טכני של בעלי מקצוע שונים בענף הבניה. מטרת השיטה היא להגדיל ככל האפשר את מספר הסוקרים בסקירה הראשונית כדי להחזיר מספר מירבי של אנשים במהרה לביתם לאחר הרעידה, מתוך הבנה כי ניתן לצמצם את מספר המבנים הדורש בחינה הנדסית מעמיקה. שיטות דומות הוכחו כיעילות ברעידות אדמה חזקות במקומות שונים בעולם.

מהדורה זאת היא מורחבת ומעודכנת, וכוללת שיפורים המבוססים על ידע עדכני ולקחים מקורסי הכשרה רבים שהועברו מעל 1,000 מהנדסים עד כה. תודה מיוחדת למהנדס פטר מגנוס על תרומתו לעדכון פרק המעליות במדריך.

ועדת ההיגוי הבינמשרדית להיערכות לרעידות אדמה ופיקוד העורף, פתוחים לקבלת הערות הציבור והמלצות לשיפור ההנחיות למיון המבנים לאחר רעידת אדמה.

ספר זה נכתב ונערך על ידי ד"ר מתי אדן בהזמנת ועדת היגוי בינמשרדית להיערכות לרעידות אדמה וענף הנדסה ומיגון בפיקוד העורף.

ועדת היגוי בינמשרדית
להיערכות לרעידות אדמה

ענף הנדסה ומיגון
פיקוד העורף

תוכן העניינים

1. מבוא	1
1.1. נזקים במבנים ובסביבתם עקב רעידת אדמה	1
1.2. לקחים מרעידות אדמה גדולות בעולם	1
1.3. מטרה ותחום ישום	2
1.4. רמה טכנית נדרשת לביצוע המיון	2
2. נוהל כללי למיון מבנים לאחר רעידת אדמה בישראל	3
2.1. סקירה כללית	3
2.2. הרשות המשלחת במצב חירום	3
2.3. מתקנים חיוניים	3
2.4. סווג מבנים מבחינת לאכלוס	4
2.5. הערכת בטיחות מבנים	7
2.6. סימון וחסימת גישה למבנים	7
2.7. שינוי סווג המבנה	8
2.8. רעידות משנה	8
2.9. שיקול דעת של סוקרי המבנים	9
3. מיון ראשוני	10
3.1. מטרת המיון הראשוני	10
3.2. הסמכה נדרשת למעריך מבנים במיון ראשוני	10
3.3. שיטה וקריטריונים לסווג ותיוג המבנה במיון ראשוני	10
4. מיון מפורט	15
4.1. סקירה כללית של נוהל המיון המפורט	15
4.2. הסמכה נדרשת למעריך מבנים במיון מפורט	15
4.3. הכשרת סוקרים להערכת מבנים לאחר רעידת אדמה	15
4.4. מטרה ושיטת ביצוע המיון המפורט	16
4.5. קריטריונים להערכת בטיחות המבנה לאכלוס	17
4.5.1. רשימת ביקורת למיון מפורט – שיקולים כלליים	17
4.5.2. שיקולים נוספים	19
4.6. סווג מבנים בהם המערכת הקונסטרוקטיבית אינה נראית לעין	20
4.7. קריטריונים לתיוג המבנה במיון מפורט	20
4.8. סדר הפעולות לביצוע מיון מפורט	21
5. בקרת מבנים לא שלודים	26
5.1. כללי	26
5.2. התנהגות מבנים לא שלודים ברעידת אדמה	26
5.3. אופני כשל אופייניים מבנים לא שלודים	31
6. בקרת מבנים מבטון	35
6.1. סוגי מבנים מבטון טיפוסיים בישראל	35
6.2. תיאור המאפיינים המבניים	35

תוכן העניינים (המשך)

39	6.3. הערכת מבנים מבטון מזוין.....
41	6.3.1. רמת נזק כללי.....
41	6.3.2. תקרות וקורות.....
41	6.3.3. תקרות ללא קורות.....
41	6.3.4. מסגרות עם קירות בני.....
41	6.3.5. קומת עמודים מפולשת.....
42	6.3.6. לוחות אופקיים (דיאפרגמות).....
42	6.3.7. קירות הקשחה מלאים.....
42	6.3.8. קירות הקשחה משולבים (עם פתחים).....
43	6.3.9. יסודות.....
43	6.3.10. גורמי סיכון אחרים.....
43	6.4. מבנים עם אלמנטים טרומיים.....
43	6.4.1. מחברים וסמכים.....
56	7. בקרת מבנים עם שלד פלדה.....
56	7.1. מסגרות פלדה מוקשחות.....
57	7.1.1. רמת נזק כללי.....
57	7.1.2. תקרות וגג.....
57	7.1.3. עמודים.....
57	7.1.4. הקשחות במישור אנכי.....
58	7.1.5. הקשחות במישור אופקי.....
58	7.1.6. לוחות אופקיים (דיאפרגמות).....
58	7.1.7. יסודות.....
58	7.1.8. גורמי סיכון אחרים.....
59	7.2. מבני פלדה חד-קומתיים מפלדה עם קירוי קל.....
59	7.2.1. רמת נזק כללי.....
59	7.2.2. מסבכי הקשחה בקירות.....
59	7.2.3. מסבכי הקשחה בגג.....
60	7.2.4. מסגרות הקשחה כפיפות.....
60	7.2.5. גורמי סיכון אחרים.....
60	7.3. מסגרות פלדה עם אלמנטי הקשחה מבטון מזוין.....
61	7.3.1. רמת נזק כללי.....
61	7.3.2. תקרות וגג.....
61	7.3.3. עמודים.....
61	7.3.4. לוחות אופקיים (דיאפרגמות).....
61	7.3.5. מסגרות פלדה כפיפות.....
61	7.3.6. גרעיני הקשחה וקירות מבטון מזוין.....
61	7.3.7. יסודות.....
61	7.3.8. גורמי סיכון אחרים.....

תוכן העניינים (המשך)

8.	בקרת סיכונים גיאוטכניים	66
8.1.	כללי	66
8.2.	הסמכה נדרשת למעריכי נזקי קרקע	66
8.3.	שיטה וקריטריונים לבקרת סיכונים גיאוטכניים	66
8.3.1.	בקעים בפני הקרקע	66
8.3.2.	כשל מדרון וקירות תמך	67
8.3.3.	תזוזה יחסית אחרת של קרקע	67
8.3.4.	תזוזות סכרי עפר או מאגרי מים	67
9.	בקרת סיכונים לא מבניים	72
9.1.	כללי	72
9.2.	רשימת ביקורת לסיכונים לא מבניים שונים	72
9.2.1.	מעקים, חיפויים ועיטורים שונים – רשימת ביקורת	73
9.2.2.	גגונים – רשימת ביקורת	73
9.2.3.	קירות מסך – רשימת ביקורת	74
9.2.4.	תקרות אדריכליות וגופי תאורה – רשימת ביקורת	75
9.2.5.	קירות פנים, מחיצות וזיגוג – רשימת ביקורת	75
9.2.6.	ציוד מכאני וחשמלי – רשימת ביקורת	75
9.2.7.	מעליות – רשימת ביקורת	76
9.2.8.	גורמי סיכון נוספים – רשימת ביקורת	79
10.	נושאים מיוחדים בבקרת מתקנים חיוניים	83
10.1.	כללי	83
10.2.	הכנות לבקרה של מתקנים חיוניים	83
10.3.	בקרת מתקנים חיוניים	83
11.	הערכה הנדסית	86
11.1.	מטרת ההערכה ההנדסית	86
11.2.	שיטה ועקרונות לביצוע הערכה הנדסית	86
11.3.	שיקולים לשיקום או שידרוג מבנים פגועים	86
12.	התנהגות אוכלוסיה לאחר רעידות אדמה	91
12.1.	דפוסי התנהגות לאחר אסון	91
12.2.	תקשורת עם דיירים ובעלי בתים שנפגעו	92
12.3.	התמודדות עם תגובות נפשיות של מסייעים באסון	92
13.	בטיחות אישית בעבודת שטח	94
13.1.	ציוד אישי ויעודי למעריכי מבנים	94
13.2.	בטיחות אישית בעבודת שטח	94
13.3.	הכרת חומרים מסוכנים	95
14.	מושגים בסיסיים בהנדסת מבנים והנדסה סייסמית	98
15.	מקורות מידע	105
15.1.	סקר ספרות	105
15.2.	עיקרי נהלים למיון מבנים במדינות שונות	106

תוכן העניינים (המשך)

109	 מסקנות ולקחים	15.3
110	 רשימת מקורות	15.4
112	 נספח א': טופס תיעוד מיון מבנה ראשוני	
115	 נספח ב': טופס תיעוד מיון מבנה מפורט	
118	 נספח ג': טופס תיעוד ציוד מקובע	
120	 נספח ד': תגים לסיווג מבנים	
124	 נספח ה': דוגמה למיון מבנה ראשוני	
129	 נספח ו': דוגמה למיון מבנה מפורט	

רשימת תרשימים

תרשים 2.1	תרשים זרימה של תהליך מיון מבנים וסיווגם..... 5
תרשים 3.1	מיון ראשוני : דוגמאות לסווג "מבנה מסוכן" לפי הקריטריונים בטבלה 3.1 13
תרשים 4.1	מערכות הקשחה בעלות אי-סדירות או אי-רציפות במתווה האנכי..... 24
תרשים 4.2	מערכות הקשחה בעלות אי-סדירות במתווה אופקי..... 25
תרשים 5.1	קיר זיזי מבטון מזוין (שלוד) לעומת קיר כובד (לא שלוד)..... 27
תרשים 5.2	התנהגות טיפוסית של קירות במבנה לא שלוד בעל קומה אחת ברעידת אדמה..... 28
תרשים 5.3	התנהגות לוח קשיח (תקרת בטון) לעומת לוח גמיש (תקרת עץ)..... 29
תרשים 5.4	תגובה של קיר במבנה לא שלוד עקב עומס סיסמי בניצב למישורו..... 30
תרשים 5.5	נזקים בקיר במבנה לא שלוד עקב עומס סיסמי במישורו..... 30
תרשים 5.6	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : סדקי גזירה..... 31
תרשים 5.7	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : התנתקות/ התמוטטות קירות חזית..... 31
תרשים 5.8	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : התנתקות/ התמוטטות קירות פינתיים..... 32
תרשים 5.9	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נזק/ התמוטטות קירות גמלון..... 32
תרשים 5.10	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נזק לקירות חוץ עקב החלפת תקרות קלות בתקרות כבדות מבטון..... 33
תרשים 5.11	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : שבר קירות דו-שכבתיים עם מילוי נחות בין השכבות..... 33
תרשים 5.12	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נטיה והיפוך של עמודי בני..... 33
תרשים 5.13	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : ניתוק אגפים או מבנים סמוכים ללא תפר עקב הולם סיסמי..... 34
תרשים 5.14	אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נזקים בתוספות בניה..... 34
תרשים 6.1	התפתחות פעולת מסגרת מוקשחת ונזקים מסגרות בטון עם קירות בני..... 36
תרשים 6.2	דפורמציה טיפוסית בקירות הקשחה בחדך מלא : קיר תמיר לעומת קיר קצר..... 38
תרשים 6.3	דפורמציה טיפוסית בקיר הקשחה משולב לעומת מסגרת כפיפה..... 38
תרשים 6.4	רשימת ביקורת של אזורים מועדים לנזק עקב רעידת אדמה במבנים עם מערכת הקשחה של מסגרות עם קירות בני..... 44
תרשים 6.5	רשימת ביקורת של אזורים מועדים לנזק עקב רעידת אדמה במבנים עם קירות הקשחה..... 45
תרשים 6.6	המחשת דרגות חומרת נזק במנגנוני הרס משיכים באלמנטים מבטון מזוין..... 46
תרשים 6.7	המחשת דרגות חומרת נזק במנגנוני הרס פריכים באלמנטים מבטון מזוין..... 46

רשימת תרשימים (המשך)

תרשים 6.8	סדקים טיפוסיים בעמודים וקירות מבטון מזוין כתוצאה מרעידת אדמה..... 48
תרשים 6.9	דרגות חומרת נזק בקירות ועמודים מבטון מזוין, ברוחב גדול מ-40 ס"מ..... 48
תרשים 6.10	דרגות חומרת נזק בקירות ועמודים מבטון מזוין ברוחב קטן מ-40 ס"מ..... 48
תרשים 6.11	דרגות חומרת נזק בצמתי קורה / עמוד מבטון מזוין..... 49
תרשים 6.12	דרגות חומרת נזק בתחתית עמודים וקירות מבטון מזוין..... 49
תרשים 6.13	דרגות חומרת נזק של קורות מבטון מזוין..... 50
תרשים 6.14	תקרה ללא קורות ללא הרחבות או ראשי עמודים..... 50
תרשים 6.15	כשל בחדירה של תקרה ללא קורות..... 50
תרשים 6.16	הערכת מצב קיר הקשחה גדול קלה יותר על ידי סרטוט חזית של הקיר תוך ציון אזורי הסדיקה, קילוף, מעיכה וחשיפת הזיון..... 51
תרשים 6.17	כשל של קירות בני בקומת עמודים מפולשת ברעידת האדמה 1999 Kocaeli בתורכיה..... 52
תרשים 6.18	כשל עמודים נושאים בקומת עמודים מפולשת ברעידת האדמה 1999 Kocaeli בתורכיה..... 53
תרשים 6.19	רשימת ביקורת של אזורים מועדים לנזק עקב רעידת אדמה במבנים עם אלמנטים טרומיים..... 54
תרשים 6.20	כשל בהשענה של קורה על זיז קצר ברעידת האדמה 1999 Kocaeli בתורכיה..... 55
תרשים 7.1	נקודות לביקורת עבור מבני פלדה חד-קומתיים עם קירוי קל..... 62
תרשים 7.2	כשל בכפיפה של פלטת בסיס של עמוד פלדה ברעידת האדמה Northridge, קליפורניה 1994..... 63
תרשים 7.3	כשל בנזילה ותזוזה צידית של מסגרת מוקשחת אקסצנרית EBF ברעידת האדמה Darfield, ניו זילנד 2010..... 63
תרשים 7.4	נזילה וקריסה של אלכסוני הקשחה אופקית בקיר, רעידת האדמה 1971, San Fernando..... 64
תרשים 7.5	כשל במחבר של מותחן במערכת הקשחה אופקית ברעידת האדמה Darfield, ניו זילנד 2010..... 64
תרשים 7.6	נקודות לביקורת עבור מבני מסגרות פלדה עם אלמנטי הקשחה מבטון מזוין. בבנינים מודרניים החזיתות עשויות לרוב מקירות מסך טרומיים או קלים ולא קירות בני או בטון יצוק באתר כמוראה בתרשים..... 65
תרשים 8.1	נקודות לביקורת עבור מספר גורמי סיכון גיאוטכניים..... 68
תרשים 8.2	אבחן השענה ונזק למבנה עקב קו שבר תחת המבנה, אלסקה 1964..... 69
תרשים 8.3	נטיה ושבר במבנה עץ עקב תזוזות אנכיות הבדליות בקו שבר העובר תחת המבנה, סן פרנסיסקו, קליפורניה 1989..... 69
תרשים 8.4	הרס מבנה בית ספר כתוצאה מגלישת מדרון ברעידת אדמה סצואן, סין 2008..... 70

רשימת תרשימים (המשך)

תרשים 8.5	תרשים של התפשטות קרקע אופקית ונוק למבנה Fernando Valley Juvenile Hall עקב רעידת האדמה בסן פרננדו, קליפורניה 1971.....	70
תרשים 8.6	בקעים עקב התפשטות קרקע אופקית, האיטי 2010.....	71
תרשים 9.1	התמוטטות חלקית של פרגולות וציפוי אבן ברעידה בהוואי 2006 מהווה גורם סיכון לנפילה ברעידה נוספת. גישה לאזור הסמוך לקיר נחסמה על ידי סרט סימון.....	80
תרשים 9.2	התמוטטות תקרות אדריכליות תלויות היו נפוצות עקב רעידת האדמה בהוואי 2006. גופי התאורה והצנרת התלויים מהווים גורם סיכון לא מבני.....	80
תרשים 9.3	נקודות ביקורת למעלית חשמלית טיפוסית. הביקורת תבוצע על ידי מהנדס מוסמך לבדיקת מעליות.....	81
תרשים 9.4	תכנית טיפוסית של מעלית חשמלית המראה משקולות נגד שיצאו מהפסים. טלטול של משקולות הנגד הכבדות עלול לפגוע ולגרום נזק למסילות, קורות רוחב, תמוכות ותא הנוסעים.....	82
תרשים 11.1	תרשים זרימה למדיניות התיקון או שדרוג סייסמי של מבנים בסן פרנסיסקו, קליפורניה לפי הצעת CAPPs Task 3 2010.....	89
תרשים ה-1	מבט כללי על בניין שנפגע ברעידת האדמה Kocaeli בתורכיה בשנת 1999.....	125
תרשים ה-2	נזקים שתועדו בקומות התחתונות של הבניין בסקירה חיצונית במסגרת מיון ראשוני.....	126
תרשים ה-3	טופס תיעוד מיון ראשוני עבור שנפגע ברעידת האדמה Kocaeli בתורכיה בשנת 1999 (פיקטיבי).....	127
תרשים ו-1	נזקים שתועדו בקומת הקרקע של הבניין בסקירה פנימית.....	130
תרשים ו-2	טופס תיעוד מיון מפורט עבור שנפגע ברעידת האדמה Kocaeli בתורכיה בשנת 1999 (פיקטיבי).....	131

רשימת טבלאות

6.....	עקרונות השיטה המדורגת למיון מבנים	טבלה 2.1
6.....	קריטריונים לסיווג מבנים	טבלה 2.2
6.....	סווג וחסימת גישה לאיזורים מסוכנים	טבלה 2.3
8.....	דוגמאות לסיווג מבנים וחסימת גישה לאיזורים מסוכנים	טבלה 2.4
11	קריטריונים בסיסיים לסיווג מבנים במיון ראשוני	טבלה 3.1
23.....	מציני גיל לחומרי בניה ורכיבים	טבלה 4.1
47	תסבולת שיוטית אופקית של עמודים וקירות הקשחה מבטון מזוין עם נזקי גזירה בדרגות חומרת נזק שונות	טבלה 6.1
47.....	הגדרה מפורטת של דרגות חומרת נזק באלמנטים קונסטרוקטיביים מבטון מזוין	טבלה 6.2
85	שמישות ושיקולי בטיחות לציווד מקובע	טבלה 10.1
96	ציווד לסקירה המסופק על ידי רשות החרום	טבלה 13.1
97	ציווד אישי לסקירה	טבלה 13.2

1. מבוא

1.1.1. נזקים במבנים ובסביבתם עקב רעידת אדמה

רעידת אדמה מתרחשת עקב תזוזה יחסית בין שני צידי העתק גיאולוגי, בעומק האדמה. המקום בו מתרחשת התזוזה על פני ההעתק נקרא "מקור הרעידה" (Focus, Hypocenter). ההיטל של המקור על פני כדור הארץ נקרא "מוקד הרעידה" (Epicenter). מקור הרעידה מדווח לרוב באמצעות המוקד והעומק. עוצמת רעידת אדמה או המגניטודה (Magnitude) היא מדד של כמות האנרגיה שהשתחררה ברעידת האדמה. הערך של עוצמת רעידת האדמה נקבע מתוך פרמטר סיסמולוגי הקרוי מומנט סיסמי שנקבע על פי מימדי ההעתקה על פני ההעתק הגיאולוגי עליו התרחשה רעידת האדמה. המומנט הסיסמי והעוצמה (מסומנת M_w בסולם המומנט) נקבעים בדרך כלל מרישומים של סיסמומטרים המודדים את תנודות הקרקע במרחק ממוקד הרעש. הגדלת העוצמה בדרגה אחת בסולם המומנט הסיסמי מתאימה להגדלת האנרגיה המשתחררת פי 32.

עוצמת רעידת האדמה, המוקד והעומק שלה הם תנאים הכרחיים אך בלתי מספיקים להערכת שיעור הנזק לנפש ולרכוש שנגרם במקומות שונים בגלל רעידת האדמה. את האפקטים והנזקים הנגרמים בעטיה של רעידת אדמה נהוג לכמת באמצעות **החומרה הסיסמית** (Seismic Intensity) השונה ממקום למקום כתלות בגורמים רבים, כגון: מרחק ממוקד הרעידה, מאפייני חתך הקרקע באתר ובעיקר, מאפייני העמידות הסיסמית של הבניינים. יש לציין שאם כי החומרה הסיסמית מהווה מדד איכותי בלבד, ואינה יכולה לשמש כמדד הנדסי לתכן מבנים, היא מספקת הערכה איכותית של היקף הנזקים הצפויים. ישנם מספר סולמות למדידת חומרה סיסמית. הסולם בו משתמשים בארה"ב הוא סולם מרקלי (Modified Mercalli Intensity Scale) (Scale) כאשר באירופה מקובל שימוש גם בסולם EMS-98 (European Macroseismic Scale). כל אחד מסולמות חומרה סיסמית אלה הוא בן 12 דרגות, כאשר דרגת חומרה 1 היא רעידה כמעט בלתי מורגשת ודרגת חומרה 12 מתארת מצב של הרס כללי. הסולם כולל תיאור האפקטים המורגשים והנראים בזמן הרעידה ותיאור כללי של הנזקים למבנים ולסביבה.

1.2. לקחים מרעידות אדמה גדולות בעולם

הניסיון מרעידות אדמה גדולות בעולם מראה כי לאחר הרעידה שורר מצב של בלבול ואנדרלמוסיה בקרב אנשים שבתיהם נפגעו. מבנים פגועים אך בטוחים לאכלוס מפונים שלא לצורך בעוד שאנשים מוצאים מקלט או נכנסים להוציא חפצים ממבנים לא יציבים העלולים לקרוס ברעידת משנה. כוחות החילוץ וההצלה עסוקים בחילוץ לכודים ממבנים שהתמוטטו ואינם מטפלים במבנים פגועים ללא לכודים. לרשויות ארציות ומקומיות אין מספיק כוח אדם טכני מיומן לביצוע מיון של כל המבנים הפגועים בזמן קצר. לפיכך נדרש כוח אדם מיומן נוסף לצורך איתור מבנים בטוחים לאכלוס על ידי המפונים קרוב ככל האפשר למועד התרחשות רעידת האדמה.

במדינות רבות שבהן התרחשו רעידות אדמה חזקות בשלושים שנים האחרונות (קליפורניה, יפן, איטליה, ניו-זילנד, יוון ומדינות אחרות) יושמו בהצלחה מערכות למיון מבנים המבוססות על מערך רחב של סוקרים מתנדבים שהוסמכו מבעוד מועד. הסוקרים כוללים אנשים בעלי רקע בענף הבניה – מהנדסים אזרחיים, אדריכלים, הנדסאים וכו' ולוא דוקא מהנדסי מבנים שמספרם יחסית קטן ולא מספיק להיקף המשימה. עם זאת, סקירה של מתקנים חיוניים ומבנים המשמשים שירותי חירום (כגון בתי חולים ומרפאות, תחנות משטרה ומכבי אש, מרכזי תקשורת ומוסדות שלטון) מבוצעת בידי מהנדסי מבנים מומחים בלבד.

1.3. מטרה ותחום הישום

מדריך זה נועד לספק קווים מנחים ונוהלים להערכת בטיחות של סוגי מבנים נפוצים בישראל שנפגעו מרעידת אדמה, להלן: "מיון מבנים לאחר רעידת אדמה".

המטרות העיקריות של מיון המבנים בשלב התגובה המיידית ובשלבי המענה הראשוני והמשלים (ימים עד שבועות ספורים לאחר הרעידה) הן:

- איתור מהיר של מבנים או חלקי מבנים שנפגעו אך בטוחים לאכלוס.
- איתור והתראה על מבנים לא יציבים או בעלי גורמי סיכון אחרים הנמצאים בסכנת התמוטטות ברעידות עוקבות ועלולים לסכן אנשים, מבנים ומתקנים בסביבתם.
- הערכת בטיחות מבנים במתקנים חיוניים להבטחת חידוש פעילות בהקדם האפשרי.

המיון נועד כאמצעי עזר במצב חירום ולא מיועד לבדוק את התאמת המבנה לתקני הבניה שבתוקף, או לתכנון תמיכות, חיזוקים או תיקונים במבנה. מדריך זה אינו עוסק בתיקון מבנים **בשלב השיקום** (שבועות עד חודשים לאחר הרעידה) הנמצא באחריות בעלי המבנים ומבוצע על ידי בעלי מקצוע מטעמם.

מטרה נוספת של מדריך זה היא לשמש כמסמך יחוס לסוקרי מבנים וכבסיס לקורסי הסמכה לסוקרים.

תחום הישום של המדריך הוא בעיקר כחומר תורתי וכלי עזר טכני לביצוע הערכת בטיחות של מבנים פגועים, ולא באירגון וניהול מערך הסוקרים בשעת חירום.

1.4. רמה טכנית נדרשת לביצוע המיון

מיון מבנים בשלב התגובה הראשונית מבוצע במספר שלבים:

- **מיון ראשוני** (Rapid Evaluation) - סקירה ויזואלית מהירה של מספר גדול של מבנים במטרה לאתר מבנים הנראים בטוחים לאכלוס (**בטוחים לכאורה**) או מבנים בעלי גורמי סיכון ברורים (**מסוכנים בעליל**).
- **מיון מפורט** (Detailed Evaluation) - סקירה ויזואלית חוזרת ויסודית יותר של מבנים שלגביהם היתה אי-וודאות במיון הראשוני.
- **הערכה הנדסית** (Engineering Assessment) - הערכה הנדסית יסודית של מבנים שלגביהם היתה אי-וודאות במיון המפורט, העשויה לכלול פירוק גמרים לחשיפת אלמנטי שלד ובדיקות מעבדה. ההערכה ההנדסית מבוצעת בידי מהנדסי מבנים מומחים בלבד והיא באחריותו של בעל המבנה.

ברור הוא כי על מנת לגייס קהל רחב ככל האפשר של סוקרים, במיוחד לשלב המיון הראשוני, הקווים המנחים והשיטות במדריך זה נדרשים להיות מובנים לקהל רחב של אנשים בעלי רקע שונה בתחום הבניה (מהנדסים אזרחיים וגיאוטכניים, אדריכלים והנדסאים). לשלב המיון המפורט, בו נדרש ידע ונסיון רבים יותר בהנדסת מבנים, נדרשים מהנדסי מבנים או מהנדסים אזרחיים בעלי רקע בתכן מבנים לרעידות אדמה.

כמו כן, כי המדריך אינו יכול לכסות כל מצב מסוכן בו הסוקרים עלולים להיתקל, ולכן **שיקול הדעת המקצועי**, הנסיון והשכל הישר של קבוצת הסוקרים הם קריטיים לביצוע הערכת הבטיחות של המבנה.

2. נוהל כללי למיון מבנים לאחר רעידת אדמה בישראל

2.1. סקירה כללית

נסיון מרעידות אדמה גדולות שהתרחשו ברחבי העולם מראה כי מייד לאחר הרעידה הרשויות המקומיות עמוסות מעבר ליכולתן בביצוע הערכות בטיחות למבנים בשטח השיפוט שלהן. הערכות ראשוניות להיקף הנזק מבוצעות בדרך כלל על ידי עובדי רשויות החירום, אך העבודה הטכנית הנדרשת לביצוע מיון מפורט בזמן קצר היא בדרך כלל משימה גדולה מדי לצוות הסדיר אף עם תוספת כוח אדם ממערך החירום. הנחת העבודה היא שבאירוע גדול צוות סוקרים מיומנים יהיה מוגבל בגודלו, ולפיכך יש לשאוף לביצוע מיון ראשוני מהיר, ולהכשיר כח מתנדבים רחב ככל האפשר.

הנוהל למיון מבנים בישראל, בדומה לנוהלים דומים במדינות רבות אחרות, מבוסס ברובו על ATC-20 עם תוספות, שינויים והתאמות לסוגי המבנים ושיטות הבניה הנהוגות בישראל וכולל שלושה שלבי מיון: **מיון ראשוני, מיון מפורט והערכה הנדסית**. בשלב הראשון מבוצע מיון ראשוני המיועד לאיתור מהיר של המבנים הנראים כבטוחים לאכלוס מחד ואלה המסוכנים באופן ברור מאידך. במבנים שאין לגביהם ודאות מספקת במיון הראשוני ונמצאים "בתחום האפור" נדרש מיון מפורט יותר כרמת בדיקה שניה המבוצעת על ידי מהנדס. כל מבנה שנסקר חייב להיות מתוויג (על ידי תו המוצמד למבנה) כבטוח לאכלוס (**תג ירוק**), מבנה מוגבל בשימוש (**תג צהוב**) או מבנה מסוכן (**תג אדום**). כל בדיקה נוספת של המבנה מעבר למיונים המפורטים במדריך זה תבוצע בדרך כלל על ידי מהנדס מבנים מטעם בעל המבנה, המבצע הערכה הנדסית שעשויה לכלול בדיקות באתר, מיפוי הנזק, חישובי יציבות וחוזק ותכנית לתמיכות זמניות הנדרשות לאכלוס זמני בטוח.

תרשים זרימה לתהליך המיון נתון בתרשים 2.1 להלן ומפרט את שלבי המיון והתיגו מנקודת מבט של הערכה טכנית. התרשים כולל התייחסות לטכניקות המופיעות בפרקים השונים של מדריך זה. טבלה 2.1 מסכמת את עיקרי שלושת שלבי המיון ופרטי השכלה טכנית נדרשת לביצוע כל שלב.

באיוזורים בהם התרחשו כשלי קרקע (כגון גלישת מדרון, בקעים ותזוזות קרקע, התנזלות, שקיעת יסודות משמעותית וכדומה) נדרש יעוץ של מהנדס קרקע או גיאולוג לצורך איפיון יציבות הקרקע. יתכנו מקרים בהם מבנה ללא נזק קונסטרוקטיבי יהיה מסוכן מאחר והוא נמצא באיזור של קרקע לא יציבה או בנוכחות של גורם סיכון אחר (לדוגמה דליפה של חומר מסוכן). לפיכך, במקרים אלה מומלץ לבצע תהליך דומה של הערכת בטיחות גיאוטכנית או סביבתית.

2.2. הרשות המשלחת במצב חירום

הרשות המקומית אחראית להיערכות, ביצוע סקירת המבנים ותיג המבנים הנמצאים בתחומה לאחר אפר"ן (ארוע פתאומי רב נפגעים) - כולל רעידת אדמה הרסנית. ברשויות שבתחומן הנזקים הם גדולים, מספר הסוקרים הנדרשים לביצוע מיון מבנים בחלון הזמן הנדרש הוא גדול. לכן, מהנדסי הרשות יתוגברו במידת האפשר על ידי מהנדסים מרותקי משק בשעת חירום (במסגרת אגף בכיר ביטחון וחירום במשרד הבינוי ומל"ח במשרד הכלכלה) שעברו הכשרה מתאימה. במידת הצורך והאפשר גם מהנדסי מיגון וחילוץ בפקע"ר יבצעו פעילויות של מיון מבנים, לאחר סיום פעולות חילוץ הלכודים.

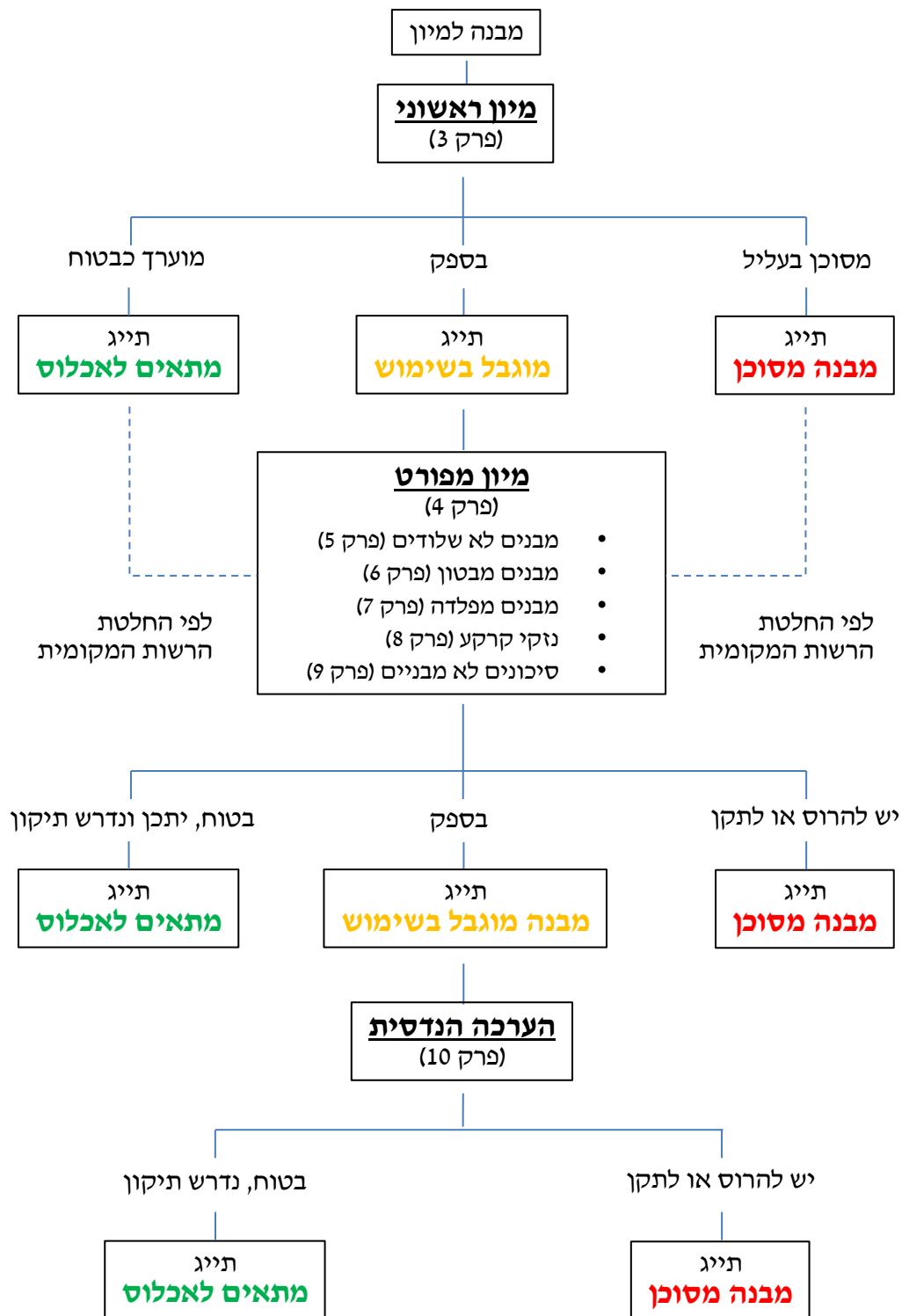
2.3. מתקנים חיוניים

במתקנים חיוניים כגון בתי חולים, מבני שלטון (כגון תחנות מכבי אש ומשטרה, בנק מרכזי, עיריות), מרכזי אנרגיה (בתי זיקוק, תחנות כח), מתקנים לאספקת מים, מתקני חומרים מסוכנים וכדומה, רצוי לבצע הערכת בטיחות מפורטת סמוך ככל האפשר למועד הארוע, על ידי סוקרים ייעודיים. מידע נוסף ראה בסעיף 11.4.

2.4. סווג מבנים מבחינת בטיחות לאכלוס

סווג רמת הנזק וקריטריונים לתיוג הן חלק חיוני מכל מערכת להערכת בטיחות לאיכלוס מבנים לאחר רעידת אדמה. כמפורט בפרק 15, בשלושים השנים האחרונות נבחנו ויושמו מספר חלופות, אך החלק הגדול מהשיטות הקיימות היום במדינות שונות מתבססות על השיטה האמריקנית ATC-20 עם סיווג לשלוש קטגוריות: "מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש", ו"מבנה מסוכן", עם תגים בצבעי אדום, צהוב וירוק, בהתאמה. סווג זה נבחר לישום גם בישראל ומתואר בטבלה 2.2.

בנוסף לסווג בטיחות לאכלוס של המבנה עצמו, מתעורר לעתים צורך בסיווג "איזור מסוכן" ואף חסימת גישה לאיזורים בקרבת המבנה או בתוכו. לדוגמה, אם נגרם נזק כבד לאלמנט אדריכלי (קיר מסך, מעקה כבד, טיח וכדומה) ויש חשש לנפילתו, יש לסמן בסרט, לתייג ולעיתים גם לחסום את הגישה לאיזור סביב האלמנט הנמצא בטווח הפגיעה. השיטה מתוארת בטבלה 2.3.



תרשים 2.1 תרשים זרימה של תהליך מיון מבנים וסיווגם.

טבלה 2.1 עקרונות השיטה המדורגת למיון מבנים

(1) ראה סעיפים 3.2 ו-4.2 להסמכה נדרשת של מערכי מבנים במיון ראשוני ומפורט, בהתאמה.

דרגת מיון	כח אדם מבצע ⁽¹⁾	מטרת המיון	זמן משוער למבנה ⁽²⁾
מיון ראשוני	- מהנדסי מבנים/אזרחיים - אדריכלים - הנדסאי בניין - בעלי מקצוע אחרים - שהוסמכו על ידי הרשויות המוסמכות	הערכה ראשונית של בטיחות המבנה לאכלוס. משמש לתיוג מהיר של מבנים בטוחים לכאורה ומסוכנים בעליל, ולזיהוי מבנים הדורשים מיון מפורט.	15-30 דקות
מיון מפורט ⁽³⁾	- מהנדסי מבנים - מהנדסים אזרחיים עם רקע בתכנון סייסמי	הערכה ויזואלית מפורטת של מבנים שניזוקו ומצבים של ספק. משמש לזיהוי מבנים הדורשים הערכה הנדסית.	1-4 שעות
הערכה הנדסית ⁽³⁾	מהנדס מבנים יועץ לבעל המבנה		

(2) למבנה מגורים קטן, לדוגמת מבנה דו-קומתי. למבנים גדולים יותר יתכן ויידרש זמן ארוך יותר – במיוחד אם מבוצע מיון חיצוני ופנימי.

(3) מהנדס קרקע או גיאולוג נדרש להערכה של סיכונים גיאוטכניים במידה וקיימים.

טבלה 2.2 קריטריונים לסיווג מבנים

קטגוריה לסיווג המבנה	צבע התג	תיאור
מתאים לאכלוס	ירוק	לא נמצא גורם סיכון נראה לעין, אך עשוי להידרש תיקון. מערכת ההקשחה (לכוחות אופקיים) והמערכת הנושאת (לכוחות אנכיים) לא נפגעו משמעותית. אין הגבלות על השימוש או אכלוס המבנה.
מוגבל בשימוש	צהוב	נצפו גורמי סיכון פוטנציאליים. כניסת בעלים למבנה או לחלקים ממנו (במידה ומצויין) רק לצרכים דחופים, לזמן קצר ועל אחריותו. אין לאכלס לטווח ארוך. אסורה הכניסה לקהל. אפשרות להתמוטטות עקב רעידה עוקבת.
מבנה מסוכן	אדום	סכנת חיים חמורה. מבנה התמוטט או בסכנה להתמוטטות מיידי עקב רעידת משנה. מסוכן לאיכלוס או לכניסה, פרט לכוחות חירום.

טבלה 2.3 סווג וחסימת גישה לאיזורים מסוכנים

סווג האיזור	צבע התג	תיאור
אזור מסוכן	אדום, עם מחסום פיזי או מגודר בסרט סימון	האזור המסומן מסוכן. סכנת נפילה או סכנה אחרת מהמבנה הסמוך. אין כניסה פרט לכוחות חירום.

2.5. הערכת בטיחות מבנים

הערכת בטיחות המבנים ברמת מיון ראשוני תבוצע בטווח של שעות עד ימים אחדים לאחר הרעידה. נוהל המיון הראשוני, המפורט בפרק 3, מיועד לסווג מהיר של מבנים הנראים בטוחים לאכלוס¹ ומבנים מסוכנים בעליל. מבנים שלגביהם ישנו ספק יתויגו בתג "מוגבל בשימוש" (צהוב) המגביל את הכניסה אליהם פרט לכניסת בעלים קצרה מקרה חירום, על אחריותו. מבנים אלה (ואחרים בכפוף להחלטת הרשות המקומית) חייבים לעבור הערכה מפורטת יותר, קרי מיון מפורט, בטווח של שעות או ימים אחדים ממועד ביצוע המיון הראשוני.

המיון המפורט המהווה רמת הערכה שנייה, מבוצע על ידי מהנדס מבנים (או מהנדס אזרחי עם רקע בתכנון סיסמל) בתוספת מהנדס גיאוטכני במידת הצורך, העובדים בצוות של 2 אנשים לפחות. הערכת המבנה מבוצעת באמצעות בדיקה ויזואלית מפורטת (חוץ ופנים) במטרה לקבוע אם המבנה הוא בטוח לשימוש, מבנה מסוכן או עדיין בספק ודורש הערכה הנדסית. מטרת המיון המפורט היא להבהיר ככל האפשר ספקות בקשר לבטיחות שעלו במיון הראשוני, ולסווג את מספר המבנים המרבי האפשרי. שיטת ההערכה במיון המפורט מתוארת בפרק 4.

הרמה השלישית והמפורטת ביותר היא ההערכה ההנדסית (פרק 11), ומבוצעת כאשר בדיקה ויזואלית של מהנדס אחד (או יותר) ברמת מיון מפורט לא מספיקות להבהיר את רמת בטיחות המבנה. הערכה זאת, שעשויה לארוך ימים עד שבוע, היא באחריות בעל המבנה ותוצאותיה דורשות את אישור הרשות המקומית לפני אכלוס. בנוסף עשויות להידרש תמיכות זמניות או פעולות אחרות (כגון תיקונים מוגבלים) על מנת לאפשר אכלוס בטוח ורציף, במיוחד למבני ציבור.

2.6. סימון וחסמת גישה למבנים

לאחר השלמת המיון הראשוני או המפורט, יש לתייג את המבנה בהתאם לסיווג הבטיחות שלו. מטרת התייג היא לידע את בעל המבנה, הדיירים והציבור אם המבנה בטוח לאכלוס ולשימוש. הסיווג מבוצע בשלוש קטגוריות (כלומר "מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן") לפי המפורט בטבלה 2.2. סווג זה מתייחס למבנה בכללותו (כלומר סכנת התמוטטות), אך סווג של "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן" לא מתייחס בהכרח לגורמי סיכון מקומיים נוספים שעשויים לשרור בתוך המבנה או מחוצה לו (לדוגמה סכנת נפילה של אלמנט אדריכלי או דליפת חומר רעיל במבנה יציב קונסטרוקטיבי). במקרים אלה הסיווג המתאים הוא "איזור מסוכן" (טבלה 2.3) המשמש בעיקר לתייג ופיקוח גישה לאזור מסויים.

בטבלה 2.4 מתוארות דוגמאות לסווג וחסמת גישה. תיוג ברור מבוצע על ידי הצמדת תג מתאים באזור נראה לעיין ליד הכניסה הראשית למבנה. במקרה של בניין גדול עם מספר כניסות, יש למקם תג ליד כל אחת מהכניסות. תיחום וחסמת גישה לאזורים מסוכנים יבוצע באמצעות הצבת מחסום פיזי (גדר) או סרט עם סימון "הכניסה אסורה" סביב האזור. יש לתחום את האזור הנמצא בטווח פגיעה של גורמי סיכון לנפילה או סביב טווח ההשפעה של גורמי סיכון אחרים (לדוגמה דליפת כימיקל רעיל).

במבנים שסווגו "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן" יש לבצע תיקון, הריסה או סווג מחדש "מתאים לאכלוס" (לאחר הערכה הנדסית ואישור הרשות המקומית) בהתאם למקרה ולהחלטת הבעלים. הסרת תגים שהוצמדו למבנה תבוצע אך ורק על ידי נציגי הרשות המקומית לאחר התיקון או ההריסה.

תגים לסיווג מבנים בקטגוריות "מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש" ו-"מבנה מסוכן" מופיעים בנספח א'. לא מוצע תג לסיווג "אזור מסוכן" מאחר וסימון אזורים מסוכנים מבוצע לרוב באמצעות מחסום או סרט סימון. במקרה ונדרש גם תג לאזור מסוכן מומלץ להשתמש בתג "מבנה מסוכן" תוך שינוי המילה "מבנה ל-"אזור" שיוצמד בהיקף האזור החסום לגישה או המבנה הסמוך.

¹ מבנים "בטוחים לכאורה" (Apparently Safe) הם מבנים שבהם לא נצפו גורמי סיכון משמעותיים בסקירה ויזואלית. מבנים אלה יסווגו "מתאים לאכלוס" (ירוק) אם כי ישנה אי וודאות מסויימת בהערכת המבנה על סמך סקירה ויזואלית בלבד.

2.7. שינוי סווג המבנה

שלבי מיון המבנה מתוארים בתרשים 2.1. שינוי בסיווג המבנה עשוי להידרש במספר מקרים, ובהם:

- מיון מפורט למבנה שסווג "מוגבל בשימוש" במיון ראשוני.
- מיון מפורט בהנחיית הרשות המקומית למבנה שסווג "מתאים לשימוש" או "מבנה מסוכן" במיון ראשוני.
- הערכה הנדסית למבנה שסווג "מוגבל בשימוש" במיון מפורט.
- הערכה מחדש לתיקון טעות.
- הערכה מחדש עקב נזק חדש שנצפה או עקב רעידה עוקבת.
- הערכה מחדש לאחר ביצוע תיקונים ו/או ביצוע תמיכות זמניות.

2.8. רעידות עוקבות

לאחר רעידה עוקבת משמעותית, יתכן צורך בהערכה נוספת של מבנים שסווגו "מתאים לאכלוס" או "מוגבל בשימוש". לאחר ביצוע הערכה נוספת, יש לתייג את המבנה מחדש תוך ציון התאריך והשעה אף אם סווג המבנה לא השתנה.

טבלה 2.4 דוגמאות לסיווג מבנים וחסימת גישה לאיזורים מסוכנים

ממצא	פעולה נדרשת
<u>בניינים</u> • בניין בסכנת התמוטטות • בניין בטווח סכנת התמוטטות של מבנה סמוך • בניין בסכנה מסיכון גיאוטכני (לדוגמה: גלישת מדרון) • בניין בטוח קונסטרוקטיבית, אך קיים סיכון אחר המונע אכלוס (לדוגמה: דליפת כימיקל חשוד כרעיל; אסבסט) • בניין נראה פגוע באופן גבולי, בטיחות מוטלת בספק; נדרשת הערכה נוספת • בבנין לא נמצא נזק קונסטרוקטיבי או מקור סיכון אחר	תיוג "מבנה מסוכן" תיוג "מוגבל בשימוש" תיוג "מתאים לאכלוס"
<u>ציוד</u> • מעלית ניזוקה	תיוג "מבנה מסוכן" על דלתות המעלית עם פירוט "שימוש במעלית אסור"
<u>סכנת נפילה או סכנה אחרת</u> • סכנת נפילה (לדוגמה: נזק במעקה; זכוכית סדוקה) • צינור גז קרוע; שלולית של כימיקל החשוד כרעיל מחוץ לבניין • קוי מתח עילי שנפלו • מבנה בתחום הצפה מסכר פגוע או דליפת חומר מסוכן ממכל פגוע	חסימת איזור מסוכן ו/או תיוג "אזור מסוכן" עם פירוט הגורם המסכן. יש להציב את התג בהיקף האזור החסום תיוג "אזור מסוכן" אם הדבר מעשי ודווח לרשות החירום המקומית

2.9. שיקול דעת של סוקרי המבנים

הפעלת **שיקול הדעת** הינו חיוני בהערכת בטיחות של מבנים. מדריך זה לא יכול לכלול התייחסות לכל מצב מסוכן שמעריכי המבנים עשויים להתקל בו בשטח. כוונת המדריך היא להתייחס למבנים הנפוצים ביותר ולמצבים בעלי הסיכוי הגבוה ביותר להתרחשות. **עבוד מצבים אחרים, אלה שמדריך זה לא מספק עבורם הדרכה, או שההדרכה אינה מתאימה, צוותי המעריכים חייבים לסמוך על נסיונם ולהפעיל שיקול דעת קולקטבי**. במטרה להגיע להחלטות מושכלות במקרים מורכבים, מומלץ כי מיון מפורט יבוצע על ידי צוותים הכוללים מהנדסי מבנים (או מהנדסים גיאוטכניים) מנוסים, תוך שילוב ידע אישי עם ההזדמנות להתייעץ עם מהנדסים אחרים. במידה ונדרש, מומלץ לבקש עזרה וחוות דעת של צוותים נוספים כדי להגיע להחלטה נכונה.

3. מיון ראשוני

3.1. מטרת המיון הראשוני

מטרת המיון הראשוני היא לבצע סקירה והערכת בטיחות של מבנים רבים ככל האפשר באיזור הפגוע, תוך זיהוי מהיר של מבנים הראויים לאכלוס ומבנים מסוכנים. הניסיון מלמד כי לאחר רעידת אדמה הגורמת לנזקים רחבי היקף נוצר מחסור חמור בכח אדם טכני סדיר הדרוש לביצוע סקירת בטיחות מבית לבית של כל האיזור הפגוע בזמן קצר (שעות עד ימים). מחלקות הבניה ברשויות המקומיות (מחלקת רישוי בניה, מחלקת מבנים מסוכנים וכדומה) שבהן ישנם מהנדסים ומפקחים העוסקים במקצועות הבניה באופן סדיר, אינם מספיקים לגודל המשימה. מהנדסים ברית'וק משקי בחירום במסגרת מל"ח (משק לשעת חירום), שעברו הכשרה לביצוע מיון מבנים, יבצעו ראשית כל סקירה של מבנים ומתקנים חיוניים מוקצים להם מראש, ולכן הם לא יהיו זמינים לביצוע מיידי של מיון ראשוני כללי.

המיון הראשוני מתוכנן להתאים ליצירת מאגר גדול של סוקרים מתנדבים בעלי רמות שונות של הסמכה טכנית בתחום הבניה. הסוקרים יוסמכו בקורסים יעודיים ויקבלו תעודות המעידות על הכשרתם לביצוע מיון ראשוני. חידוש תעודה שתוקפה פג יחייב ריענון תקופתי. הסוקרים "יגויסו" בשעת חירום על ידי הרשות המקומית ויעבדו בהנחייתה.

לאחר סיווג ותיוג המבנים הבטוחים לכאורה לאכלוס ("ירוק") והמבנים המסוכנים בעליל ("אדום") באיזור נתון, שאר המבנים שקיים לגביהם ספק (המכונים מבנים בתחום האפור) מסווגים "צהוב" ומועברים למיון מפורט שיבוצע על ידי מהנדסי מבנים ומהנדסים אזרחיים אחרים בעלי רקע והכשרה מתאימה. באופן זה מוקצים מהנדסי המבנים, שמספרם קטן יחסית, למבנים הדורשים סקירה ויזואלית יותר נרחבת וידע מפורט יותר בתכנון והערכת מבנים.

3.2. הסמכה נדרשת למעריך מבנים במיון ראשוני

שיטת המיון הראשוני מיועדת להכשרה של מהנדסים, אדריכלים, הנדסאי בנין ובעלי מקצוע אחרים בתחום הבניה עם נסיון של 5 שנים ויותר לפי שיקול הדעת של הרשות המקומית. למרות שהנוהל המתואר להלן הוא כללי למדי והמומחיות של מהנדס מבנים אינה חיונית לישומו, רצוי שהמיון יבוצע על ידי בעלי מקצוע עם רקע מסויים בתכנון מבנים. מושגים בסיסיים בהנדסת מבנים שנעשה בהם שימוש מפורטים בפרק 14. כמו כן, הסוקרים נדרשים לנסיון בסיסי באתר ולהיכרות של תהליך הבניה על מנת שיוכלו לזהות נזק מבני או גורמים חריגים אחרים (כגון סדקי קרקע או סכנת נפילה).

3.3. שיטה וקריטריונים לסווג ותיוג המבנה במיון ראשוני

לפני ביצוע מיון של מבנים באזור פגוע או חשוד כפגוע, יש לסקור את השטח ולהתרשם מרמת הנזק הכללית (או העדר נזק) באזור. אפיון רמת הנזק האזורי היא כלי חשוב בהערכת הסבירות להמצאות נזק וחומרתו במבנים באותו אזור. המיון הראשוני של מבנה שנבחר מתחיל בסקירה חיצונית ויזואלית של המבנה מכל צדדיו (אם ישנה גישה). בדרך כלל, בשלב זה תבוצע סריקה חיצונית לכל המבנים, וסקירה פנימית למבנים שלא אובחנו כמבנה מסוכן בסקירה החיצונית. אם המבנה נראה מסוכן בבירור- אין להיכנס לתוכו.

מצב המבנה מבחינת הבטיחות לאכלוס ולשימוש מוערך ומסווג לפי ששת הקריטריונים המפורטים בטבלה 3.1 להלן ומודגמים בתרשים 3.1. קריטריונים אלה שנבחרו לצורך המיון הראשוני מהווים מצבים בולטים קלים להבחנה ויזואלית, ומספיקים לקביעת סווג של "מבנה מסוכן" או "איזור מסוכן" (תג אדום). יש לחפש נזקים כבדים הנראים לעין כגון התמוטטות חלקי מבנה, נטייה צידית, נפילה מיסודות, סכנת נפילה של אלמנטים תלויים וכדומה. בנוסף לכך, סיכונים גיאוטכניים כגלישת מדרון או גורמי סכנה אחרים (חומרים רעילים) מספיקים לסווג מבנה כמסוכן. טופס תיעוד מיון מבנה ראשוני נתון בנספח א'. התגים להצבה בכניסה למבנה בהתאם לסווגו נתונים בנספח ג'.

טבלה 3.1 קריטריונים בסיסיים לסיווג מבנים במיון ראשוני

ממצא	סיווג	צבע תג
1. מבנה התמוטט, התמוטט חלקית או נפל מהיסודות	"מבנה מסוכן"	אדום
2. מבנה או קומה נוטה צידית באופן משמעותי ⁽¹⁾	"מבנה מסוכן"	אדום
3. נזק ברור לאלמנטים קונסטרוקטיביים ראשיים, עוות גזירה משמעותית של קירות או סימנים אחרים לכשל מבני	"מבנה מסוכן"	אדום
4. סכנת נפילה של מעקה, קיר בני, ציפוי קיר, שלט, גגון או אלמנט אדריכלי כבד אחר	"אזור מסוכן"	אדום
5. סדקי קרקע גדולים, תזוזות קרקע אפקית או אנכית, גלישת מדרון	"מבנה מסוכן"	אדום
6. גורם סכנה אחר (לדוגמה: הישפכות חומר חשוד כרעיל, אסבסט חשוף, דליפת גז, נפילת קוי מתח עילי וכדומה)	"מבנה מסוכן" או "אזור מסוכן"	אדום

(1) נטייה צידית הנראית לעין היא בדרך כלל גדולה מ- 2° (תזוזת אפקית של 1 ס"מ ל-30 ס"מ אנכי או נטייה של כ-10 ס"מ לקומה בגובה 3 מ').

מבנים שלא אובחנו בהם גורמי סיכון ומוערכים כבטוחים לשימוש יסווגו "בטוח לשימוש" (תג ירוק) תוך ציון על התג אם הסקירה שבוצעה הייתה "חיצונית בלבד" או "חיצונית ופנימית". בדרך כלל, המיון הראשוני יבוצע תוך סקירה חיצונית בלבד מהסיבה המצוינת להלן. במידה ודיירי הבניין מדווחים על בעיה, או אם מבנה לא נראה באופן ברור בכל צדדיו או אם יש חשד לבעיה בעלת השלכות על בטיחות המבנה- תבוצע במידת האפשר גם סקירה פנימית.

יש לתייג מבנים מסוכנים בעליל מוקדם ככל האפשר ולהודיע לדיירים שעליהם לפנות את המבנה מיידית. התגים יוצבו באופן בולט בכל הכניסות לבניין.

מאחר וככל הנראה מבנים רבים לא יתאימו בבירור לסיווג "מתאים לאכלוס" או "מבנה מסוכן", נדרש שימוש בקטגוריה נוספת שלישית - סיווג "מוגבל בשימוש". השימוש בסיווג זה יעשה כאשר בטיחות לאכלוס המבנה היא בספק והוא לא מוערך כבטוח לשימוש או מאידך מסוכן בעליל. יש להציב תגים "מוגבל בשימוש" בכל הכניסות למבנה ולהודיע לדיירים על משמעות הנזקים למבנה והמגבלות לאכלוס. באופן כללי, הכניסה למבנה בסיווג זה תותר רק לצרכי חירום (לדוגמה הוצאת רכוש או פריטים חיוניים) ויש לציין זאת בבירור על התגים. במבנה שסווג "מוגבל לשימוש" נדרשת סקירה נוספת במסגרת המיון המפורט, ועל הסוקרים לציין זאת בבירור על גבי טופס המיון הראשוני.

תהליך המיון הראשוני כולו מסוכם להלן:

- בצוע **סקירה מהירה של האזור הפגוע** לאפיין רמת הנזקים הכללית ועדכון כל קבוצות הסוקרים הייעודיות לאותו אזור.
- סקירה ויזואלית חיצונית** של כל צדדי המבנה.
- סקירה של הקרקע** בקרבת המבנה לאיתור גורמי סיכון גיאוטכניים כבקיעים בקרקע (קווי שבר), תזוזות אופקיות, אנכיות או "התנפחות" של הקרקע וגלישת מדרון.
- כללית, **סקירה פנימית** במבנה נדרשת במקרים בהם לא נתגלו נזקים משמעותיים בסקירה החיצונית, או כאשר נצפה מבחץ נזק משמעותי לאלמנטים לא

קונסטרוקטיביים בלבד (כגון תקרה תלויה שנפלה או נזק למחיצות בנויות) או כאשר חלק מחזיתות המבנה מוסתר או חסום לגישה. **סיווג "מתאים לאכלוס" (ירוק) יינתן רק לאחר ביצוע סקירה חיצונית ופנימית, אלא במקרים מיוחדים בהם אין אפשרות לכניסה לבניין באיזור בו בבניינים דומים חומרת הנזק קטנה.**

ה. כאשר נצפו נזקים המחייבים סיווג "מבנה מסוכן" בסקירה חיצונית (טבלה 3.1), אין צורך לבצע סקירה פנימית. **בשום אופן אין להיכנס לתוך מבנה מסוכן בעליל (באופן ברור).**

ו. הערכת בטיחות המבנה תוך שימוש ב-6 הקריטריונים לסיווג (טבלה 3.1) ומלוי טופס תיעוד מיון מבנה ראשוני (נספח א'). מבנים שבטיחותם מוטלת בספק מיועדים למיון מפורט. וודא שיציאות המילוט מהמבנה אינן חסומות.

ז. **תיוג המבנה** בהתאם לתוצאות ההערכה, תוך שימוש באחד משלושת התגים בנספח ג' ("מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן"). בתגים "מתאים לאכלוס" סמן אם הסקירה שבוצעה הייתה "חיצונית בלבד" או "חיצונית ופנימית" על ידי סימון X בריבוע המתאים. הצב תגים בכל כניסה למבנים שסווגו "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן".

ח. **הסבר לדיירים** את המשמעות של סיווג "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן", והמלץ על פינוי מיידי. אזורים שסווגו כמסוכנים יתווגו "אזור מסוכן", ויש לפנותם מיידית ולחסום את הגישה אליהם.

ששת קריטריוני הסיווג למבנה מסוכן מודגמים בתרשים 3.1 להלן.

קריטריון 1:

מבנה התמוטט, התמוטט חלקית או נפל מהיסודות

סווג "מבנה מסוכן"



קריטריון 2:

מבנה או קומה נוטה צידית באופן משמעותי

סווג "מבנה מסוכן"



קריטריון 3:

נזק ברור לאלמנטים קונסטרוקטיביים ראשיים, עוות גזירה משמעותית של קירות או סימנים אחרים לכשל מבני

סווג "מבנה מסוכן"



תרשים 3.1 מיון ראשוני : דוגמאות לסווג "מבנה מסוכן" לפי הקריטריונים בטבלה 3.1 .

קריטריון 4:

סכנת נפילה של מעקה, קיר בני, ציפוי קיר, שלט, גגון או אלמנט אדריכלי כבד אחר

סוג "אזור מסוכן"



קריטריון 5:

סדקי קרקע גדולים, תזוזת קרקע אפקית או אנכית, גלישת מדרון

סוג "מבנה מסוכן"



קריטריון 6:

גורם סכנה אחר (לדוגמה: הישפכות חומר חשוד כרעיל, אסבסט חשוף, דליפת גז, נפילת קוי מתח עילי וכדומה)

סוג "מבנה מסוכן"
או "אזור מסוכן"



תרשים 3.1 מיון ראשוני: דוגמאות לסוג "מבנה מסוכן" לפי הקריטריונים בטבלה 3.1 (המשך).

4. מיון מפורט

4.1. סקירה כללית של נוהל המיון המפורט

המיון המפורט משמש בעיקר להערכת בטיחות מבנים שסווגו "מוגבל בשימוש" בשלב המיון הראשוני. השאיפה היא שהמיון המפורט יבוצע על ידי מהנדסי מבנים העוסקים בתכנון, הערכת נזקים ושיקום מבנים פגועים. מצב רצוי זה אינו תמיד אפשרי עקב מיעוט מהנדסי המבנים ביחס לצורך המתעורר לאחר רעידת אדמה גדולה. במקרה זה חלק מהמבנים יסרקו בידי צוותים עם הרכב שונה, אך רצוי שלפחות אחד מזוג הסוקרים בצוות יהיה מהנדס מבנים או מהנדס אזרחי עם נסיון קודם בתכנון סייסי של מבנים דומים למבנים המוערכים.

המיון המפורט מבוצע על ידי סקירה ויזואלית מפורטת של חוץ ופנים המבנה, עם דגש על הערכת מצב השלד באותם אזורים בהם הוא נראה לעין. בדרך כלל בשלב המיון המפורט הסוקרים לא יבצעו חשיפה של אלמנטי שלד חבויים באמצעים הורסים (לדוגמה פירוק מחיצות, חציבת טיח וכדומה). במקרים רבים תדרש הריסה חלקית להשלמת הערכת הבטיחות, וזאת תבוצע רק על ידי קבלן מטעם בעל המבנה באחריותו.

המטרה העיקרית במיון המפורט היא להעריך את רמת הבטיחות לאכלוס המבנה ולסווג אותו בהתאם. המבנה יותר לשימוש (סווג "בטוח לאכלוס") רק אם הערכת מצב השלד תראה כי המבנה בטוח לשימוש ברמת וודאות סבירה, כלומר הוא יציב, מסוגל לשאת את עומסים אנכיים ואופקיים (מרעידות עוקבות) ללא כשל וללא נפילת אלמנטי גמר. שיקול דעת של הסוקרים המבוסס על ידע, הכשרה וניסיון הוא חיוני בתהליך ההערכה, מאחר וקשה מאד, אם לא בלתי אפשרי, לפתח נהלים אבסולוטיים להערכה מבנית לשימוש ללא שיקול דעת.

4.2. הסמכה נדרשת למעריך מבנים במיון מפורט

במצב מושלם, צוותי המיון המפורט יכללו מהנדסי מבנים מומחים בהערכת נזקים ושיקום מבנים פגועים עם נסיון בתכן מבנים והבנה של התנהגות מבנים ברעידת אדמה. כפי שנאמר לעיל, לאחר רעידה גדולה הצורך בכח אדם מיומן הוא גדול, ובמידה ומספר מהנדסי המבנים אינו מספיק לגודל המשימה יצוות למשימה כח האדם הזמין, אך רצוי שבכל צוות יהיה לפחות מהנדס אזרחי אחד עם 5-10 שנות נסיון ורקע בתכן מבנים לרעידות אדמה שעבר הכשרה מתאימה.

לצורך הערכת גורמי הסיכון הקונסטרוקטיביים במבנים מורכבים (כגון מבנים רבי קומות, גשרים או מבנים מיוחדים) ידרשו מהנדסי מבנים מומחים. לדוגמה, להערכה ויזואלית של מבנה רב קומות מבטון מזוין עם סדקים משמעותיים בקירות הקשחה או מסגרות ידרש צוות של מהנדסי מבנים המנוסה בתכן/הערכה של מבנים כאלה. באופן דומה, הערכת גורמי סיכון גיאוטכניים תבוצע על ידי מהנדס קרקע או גיאולוג ונזקים במעליות יוערכו על ידי מהנדסים מורשים לביקורת מעליות. על הרשות המקומית האחראית לאיוש של צוותי הסוקרים לתת תשומת לב להרכב צוותי המיון המפורט במשימות הדורשות מספר צוותים כגון בנין גדול או קבוצת בניינים.

4.3. הכשרת סוקרים להערכת מבנים לאחר רעידת אדמה

החל משנת 2012 הוכשרו מעל 1,000 מהנדסים בקורסי הכשרה לסוקרים למיון מבנים. הקורסים בני 36-40 שעות לימוד פותחו ע"י המחבר בשיתוף מומחים בתחומים נלווים, משרד הבינוי, איגוד המהנדסים לבניה ותשתיות, וענף הנדסה בפקע"ר. הקורס כולל הן הרצאות והן תרגול כיתה בו החניכים נדרשים לבצע מיון מבנים על סמך תרחישים מגוונים הכוללים סוגים שונים של מבנים ונזקים.

הקורסים כללו קורסי הכשרה לביצוע מיון מפורט, שהועברו למהנדסים מרותקי משק במסגרת מל"ח במשרד הכלכלה, מהנדסים ברשויות מקומיות, מהנדסים בענף הנדסה בפקע"ר, מהנדסים ברשות בתי הסוהר ועוד.

בנוסף לכך, פותחו והועברו קורסי הכשרה ייחודיים ומורחבים למהנדסים במתקנים חיוניים, הכוללים את חברת החשמל, מקורות ומדור בינוי במשרד הביטחון.

לאחרונה, פותח והועבר פיילוט לקורס הכשרה למיון ראשוני למהנדסי רשויות, עם דגש על התארגנות ותגובת הרשות באירוע אפר"ן (אירוע פתאומי רב נפגעים).

פיילוט נוסף שבוצע במסגרת פקע"ר, כלל תרגיל היערכות של ביי"ח אספ הרופא לרעידת אדמה, במטרה להרחיבו לכל בתי החולים בארץ. החלק ההנדסי של התרגיל כלל 3 ימי הכשרה (לפי התורה במסמך זה), היכרות עם הבניינים בביה"ח והכנה לביצוע מיון שלהם - המבוצע על ידי מהנדסי בית החולים ומהנדסים מרותקי משק המסופחים אליו בחירום. התרגיל המעשי שנערך לאחר ההכנה היה בן יומיים, ובו תורגל בית החולים למענה לאחר רעידת אדמה, וכלל גם חלק ייעודי למהנדסים שביצעו מיון של מספר מבני מפתח בביה"ח לפי תרחיש הנדסי שנכתב במיוחד. לדעת כל המשתתפים, פקע"ר וועדת ההיגוי התרגיל היה מוצלח מאוד, ויש כוונה להרחיבו לבתי חולים אחרים.

4.4. מטרה ושיטת ביצוע המיון המפורט

עבור מרבית המבנים, המטרות העיקריות של המיון המפורט הן:

- להעריך האם קיימת אפשרות של התמוטטות המבנה (תחת עומסי כבידה או ברעידה עוקבת), או סכנת נפילה;
- סווג ותיג המבנה בהתאם.

התמוטטות וסכנת נפילה מהווים את שתי הסכנות העיקריות לחיי אדם שיש להעריך במבנה פגוע. התמוטטות מבנה עלולה להיגרם מנזק מבני או מגורם חיצוני כגון גלישת מדרון או התמוטטות מבנה סמוך. במקרים אחרים עלולים להימצא סיכונים אחרים לחיי אדם כגון מנוכחות חומרים מסוכנים, דליפות גז או חסימת דרכי מילוט.

הנחה יסודית בהערכת המבנה במסגרת המיון המפורט היא **שהמבנה יהיה מסוגל לעמוד ברעידה עוקבת באותה עוצמה של האירוע שגרם את הנזק, ללא התמוטטות או סכנת נפילה נוספת (או מפגעים אחרים)**. יש להדגיש כי זו היא דרישה מינימאלית לסווג המבנה "מתאים לאכלוס", ויתכנו מקרים, לדוגמה, בהם מבנה יסווג אחרת גם אם לא קיימת סכנת התמוטטות אבל נצפה נזק כבד לאלמנטים אדריכליים.

כללית, ניתן לראות את המערכת הקונסטרוקטיבית של הבניין כמורכבת משני חלקים:

א. **מערכת נושאת**: התומכת את עומסי הכבידה האנכיים;

ב. **מערכת הקשחה**: המקבלת עומסים אופקיים (רוח ורעידת אדמה) ומייצבת את המבנה.

כדי שמבנה יחשב בטוח, שתי המערכות הנ"ל חייבות לתפקד כהלכה, ואף אחת מהן לא יכולה להיות פגועה באופן משמעותי (לדוגמה: שיחון כבד או שבר בעמודי בטון או סדקים אלכסוניים רחבים בקירות הקשחה). ניתן לבדוק ויזואלית שלמות המערכת הקונסטרוקטיבית בשני אופנים: על ידי **בדיקה ישירה** הכוללת חשיפת השלד על ידי פירוק והריסת תקרות תותב, מחיצות ואלמנטים אדריכליים אחרים, או על ידי **בדיקה עקיפה** מדוקדקת של אלמנטים אדריכליים כגון טיח וקירות גבס, כדי לוודא שלא התרחשה הסטה קומתית משמעותית העלולה לגרום לנזק משמעותי למערכת הקונסטרוקטיבית.

4.5. קריטריונים להערכת בטיחות המבנה לאכלוס

4.5.1. רשימת ביקורת למיון מפורט – שיקולים כלליים

להלן נתונים שיקולים וקווים מנחים כלליים לסווג "מבנה מסוכן" של מבנים פגועים. שיקולים אלה הם כלליים ומשותפים לסוגי מבנים שונים, כגון בתי מגורים, מבנים תעשייתיים בעלי שלד פלדה או מבטון טרומי או מבני משרדים רבי קומות. בנוסף, בפרקים 5-10 מפורטים קווים מנחים לפי סוג המבנה או סכנות נוספות המדריכים היכן לחפש נזק, איך להעריך את בטיחות המבנה ואיך לסווג אותו לקטגוריות השונות (כלומר "מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן"). פרקים 5-8 מתייחסים למבנים לא שלודים, מבנים מבטון מזוין, מבנים ורכיבים מבטון טרום או דרך ומבנים עם שלד פלדה, בהתאמה. פרק 9 עוסק בסיכונים גיאוטכניים ופרק 10 מפרט סיכונים לא מבניים.

הקווים המנחים דורשים שיקול דעת של הסוקרים. יתכנו מקרים בהם סווג "מבנה מסוכן" לפי הקריטריונים המצוינים להלן אינו מחוייב המציאות, וניתן לסווג את המבנה בסיווג מגביל פחות ("מוגבל בשימוש" או "אזור מסוכן") דוגמה לכך הוא נזק קונסטרוקטיבי כבד באגף אחד של המבנה בעוד באגפים אחרים הנזק פחות. דוגמה נוספת היא כאשר ישנו נזק מקומי באלמנט אחד במערכת הקשחה בעלת יתירות (דרגת אי סיום סטטי) גבוהה.

א. רמת נזק כוללת

רמת הנזק הכוללת היא לרוב הממד הטוב ביותר למצב המערכת הקונסטרוקטיבית של המבנה. קירות מוסטים, קומות שלמות סוטות מהאנך באופן משמעותי, בניינים נוטים, יסודות שבורים וכדומה הם מדדים טובים מאוד לנזק קונסטרוקטיבי כבד. גם אם בוצע מיון ראשוני, תהליך הערכת המבנה במיון מפורט יתחיל בהערכה ויזואלית של כל המבנה, חוץ ופנים, לאיתור גורמי הסיכון הבאים:

- התמוטטות מלאה או חלקית....."מבנה מסוכן"
- המבנה או קומה נוטה מהאנך בצורה בולטת²....."מבנה מסוכן"
- יסודות שבורים....."מבנה מסוכן"

ב. מערכת נושאת

ערוך בדיקה ויזואלית של המערכת הנושאת. יש להוציא משירות כל מבנה בו ישנו ספק מבוסס לגבי תסבולת המערכת הנושאת (יכולתה לעמוד בעומסים האנכיים ממשקל עצמי ועומס שימושי הנובע ממשקל אנשים ותכולה). כשל של המערכת נושאת, מקיף (לדוגמה: התמוטטות חלקית) או מקומי (לדוגמה: קריסת עמודים או זיזים קצרים) משמש באופן כללי עילה מספקת לסווג המבנה כולו כמסוכן. בדוק לאיתור גורמי הסיכון הבאים:

- עמודים נוטים מהאנך....."מבנה מסוכן"
- עמודים שקרסו או נכשלו באופן אחר....."מבנה מסוכן"
- הפרדה של תקרות מקירות או אלמנטים תומכים אחרים....."מבנה מסוכן"
- סדיקה משמעותית בקיר נושא, עמודים נושאים או זיזים קצרים....."מבנה מסוכן"
- כשל או תחילת כשל אחר באלמנט נושא או מחבר נושא....."מבנה מסוכן"

ג. מערכת הקשחה

זהה את מערכת ההקשחה (לדוגמה: קירות הקשה, פירי הקשחה, מסגרות משיכות, אלכסוני הקשחה, מערכת הקשחה משולבת וכדומה) ובדוק את תקינותה. כדי שמבנה

² נטייה צידית הנראית לעין היא בדרך כלל גדולה מ-2° (תזוזה אופקית של 1 ס"מ ל-30 ס"מ אנכי או נטייה של כ-10 ס"מ לקומה בגובה 3 מ').

יישאר בשרות, הוא חייב לכלול מערכת הקשחה מתפקדת שיכולה לעמוד ברעידות עוקבות. נזקים משמעותיים למערכת ההקשחה, כדוגמת סדקים משמעותיים בקירות הקשחה; נזקים בצמתי קורה-עמוד במסגרות כפיפות; אלכסוני הקשחה שבורים; נזקים בתקרות המשמשות כלוחות אופקיים (דיאפרגמות); נזק לאלמנטים מאספים וכדומה, מצביעים על מערכת הקשחה פגומה שעלולה לא לתפקד כנדרש ברעידות עוקבות. בתנאים אלה יש לראות את המבנה כמסוכן ולסווגו בהתאם. קריטריוני הכשל של מערכת ההקשחה כוללים:

- מסגרות כפיפות שבורות, סוטות מהאנך או עם נזק משמעותי אחר....."מבנה מסוכן"
- קירות הקשחה סדוקים באופן משמעותי....."מבנה מסוכן"
- קריסה או שבר של אלכסוני הקשחה במישור אנכי....."מבנה מסוכן"
- שבר או כשל משמעותי אחר באלמנטים המשמשים כלוחות הקשחה אופקיים, או אלמנטים מאספים לכוחות אופקיים....."מבנה מסוכן"
- כשל או תחילת כשל של אלמנט הקשחה משמעותי או מחבריו....."מבנה מסוכן"

ד. אפקטים מסדר שני P-δ

במבנים עם מסה מרוכזת בראשם (לדוגמה: מגדל מים) או במבנים גמישים עם מערכת הקשחה מסגרתית, במיוחד מבנים רבי קומות, הסטה קומתית משתיירת היא משמעותית. משקל המבנה מעל הקומה המוסטת גורמת לתוספת מומנטי כפיפה בעמודים ובמשקופי המסגרת עקב אפקט P-δ. כל מבנה מסגרות, במיוחד רב קומות, שנצפתה בו הסטה קומתית נראית לעין בקומה אחת או יותר יחשב "מבנה מסוכן" אלא אם כן בדיקה הנדסית מפורטת תוכיח אחרת.

- מבנה מסגרת רב קומות עם הסטה קומתית נראית לעין....."מבנה מסוכן"

ה. נזקים במערכת הקונסטרוקטיבית

חשוב לבדוק את המערכת הקונסטרוקטיבית (שלד) כדי לקבוע האם למערכת בשלמותה, או לרכיבים עיקריים שלה, יש עדיין תסבולת וקשיחות מספקים כדי לתפקד כנדרש. בדיקה זאת עשויה מורכבת יותר במבנים בעלי שלד בטון (או לא שלודים) מאשר במבני פלדה, מאחר וההשלכות של סממני נזק על תסבולת המערכת הקונסטרוקטיבית עשויה להיות יותר קשה לפירוש. לדוגמה, מסגרות כפיפות מבטון מזוין עם סדיקה, שיחון או מעיכה מקומית של הבטון עשויות עדיין לשאת עומסים אנכיים ואופקיים, אבל התסבולת הכוללת של המערכת הקונסטרוקטיבית עשויה להיות מופחתת באופן משמעותי- אפילו ללא סימני כשל אחרים (כגון קריסה או סטיה מהאנך של עמודים).

- מערכת קונסטרוקטיבית עם נזק משמעותי....."מבנה מסוכן"

ו. סכנת נפילה

אלמנטים רבים בתוך המבנה וסביבו עלולים בסכנת נפילה, כולל לדוגמה קירות שאיבדו השענה אופקית; תקרות וקורות שאיבדו השענה אנכית; מעקים; חיפויים; קירות מסך; שלטים; מחיצות; תקרות תותב; גופי תאורה וכדומה. בעוד אלמנטים שנפלו ברעידה הראשונית לא מהווים סכנת נפילה, אלמנטים אחרים שנשארו תלויים עלולים ליפול כתוצאה ממשקלם או ברעידה חוזרת ומהווים סכנה. יש לסמן ולחסום את הגישה לכל אזור שנמצא בטווח פגיעה של אלמנט בסכנת נפילה.

- אזור פגיעת אלמנט בסכנת נפילה....."אזור מסוכן"

ז. נזקים ביסודות וסיכונים גיאוטכניים

בדוק את הקרקע בסביבת המבנה לאיתור סימנים של תזוזות קרקע אופקית או אנכית. תזוזות קרקע תחת יסודות המבנה כגון: התנזלות; גלישת מדרון; בקעים בקרקע לאורך

קוי שבר ותזוזות קרקע אחרות כתוצאה מהרעידה, עלולים לגרום לנזק למבנים. תזוזות קרקע אופקיות ואנכיות עלולות לגרום לשבר, סדיקה או תזוזה הבדלית (דיפרנציאלית) ביסודות ולנזק כבד בחלק העל-קרקעי של הבניין. יש קרוא למהנדס קרקע או גיאולוג לאתר כדי לעזור בהערכת בטיחות המבנה במידה ונצפתה תזוזת קרקע (או שיש סימנים עקיפים לקיומה); או נראו סדקים חדשים רחבים ביסודות או קורות יסוד (ברוחב גדול מ-2 ס"מ); או נמדדה שקיעה הבדלית משמעותית חדשה (בשיעור של כ-2 ס"מ או יותר); או נצפו סדקי קרקע רחבים (גדול מ-5 ס"מ).

לרוב, סיכונים גיאוטכניים יתקיימו בשטחים רחבים, ויכללו יותר מבניין אחד. לדוגמה, גלישת מדרון עלולה להשפיע על אזור נרחב הכולל שכונה שלמה או יותר.

- בסיס המבנה שבור, סדוק או בעל שקיעה הבדלית משמעותית, עם שברים או סדקים רחבים ביסודות, קירות, תקרות או גג....."אזור מסוכן"
- בניין באיזור שבר פעיל או על מדרון שגלש....."אזור מסוכן"
- המבנה בסכנת פגיעה משפוכת או מפולת במעלה המדרון....."אזור מסוכן"

ח. גורמי סיכון אחרים

במידה וקיימים גורמי סיכון אחרים, לדוגמה: חשיפת לוחות אסבסט שבורים או מתפוררים; צינור דלק שבור; דליפת גז; או דליפת כימיקל רעיל או חשוד כמסוכן, יש לסמן ולחסום את הגישה לאזור המסוכן.

- שריפה פעילה או שריפה כוללת שכובתה....."מבנה מסוכן"
- שריפה מקומית שכובתה....."אזור מסוכן"
- דליפת גז בתוך הבניין מורגשת....."אזור מסוכן"
- דליפת חומר רעיל או חשוד כמסוכן....."אזור מסוכן"
- נוכחות גורמי סיכון אחרים (לדוגמה קו מתח עליון שנפל)....."אזור מסוכן"

4.5.2. שיקולים נוספים

בבסיס שיטת המיון המפורט עומד שימוש מירבי במידע ויזואלי לצורך הערכת בטיחות לאכלוס המבנה. מידע זה על מצב המבנה והסיכונים הקיימים, נאסף על ידי הסוקרים תוך ביצוע סקירה חיצונית ופנימית מדוקדקת של המבנה ושימוש בנהלים לעיל. התוצאה הסופית של הסקירה והערכת הבטיחות היא סווג ותיוג המבנה (לפי הדרגות "מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן"). לצורך זה, על הסוקרים להתחשב בכל הגורמים הרלוונטיים. מאחר ושיקול דעת הוא הכרחי בכל מצב, יש לקחת בחשבון גם את הגורמים הבאים:

ט. עוצמת הרעידה

המבנה שניזוק באופן משמעותי ברעידה בעוצמה בינונית עד קלה, הוא בעל תסבולת סייסמית נמוכה. לעובדה יש לכך משמעות חמורה יותר לגבי תפקודו ברעידה עוקבת מאשר מבנה שניזוק באותה מידה ברעידה חזקה.

י. נזקים מוקדמים

חשוב לדעת אילו נזקים, מכלל הנזקים שנמצאו בסקירה, היו קיימים לפני הרעידה. לדוגמה, סדקים באלמנטי בטון ובקירות בני כתוצאה משקיעות הבדליות או הצטמקות שהתרחשו לפני הרעידה – כאשר נמצא שאותם אלמנטים עמדו בצורה טובה ללא נזקים נוספים עקב הכוחות הסייסמיים, הם פחות משמעותיים לגבי התסבולת של השלד לעמוד ברעידות עוקבות מאשר סדקים שהתרחשו כתוצאה מרעידת האדמה. יש לחפש

אינדיקציות לסדקים או נזקים מוקדמים כגון כתמי צבע או קורי עכביש בתוך הסדק. סדקים חדשים בדרך כלל יראו חדשים, נקיים ובעלי שפות חדות.

יא. רמת המשיכות הבסיסית של מערכת ההקשחה

רמת המשיכות היא בעלת חשיבות רבה ביותר להערכת עמידות המבנה ברעידה עוקבת. לדוגמה, מבנים לא שלודים; מבני בטון ישנים (שנבנו לפני אמצע שנות ה-80); מבנים לא סדירים בעלי קומה חלשה (לדוגמה: קומת עמודים מפולשת ללא קירות הקשחה מספיקים) הם בעלי משיכות נמוכה, ואם הם נפגעו ברעידה הראשית, לרוב לא תהיה להם תסבולת מספקת לעמוד ברעידה עוקבת.

רכיבי הקשחה משיכים, כגון קיר הקשחה מבטון מזויין עם פרטי זיון מתאימים או מסגרת פלדה משיכה עשויים לספוג אנרגיה מרעידה עוקבת עם סימנים נראים לעין להוצרות עיבורים פלסטיים (סדיקה או שיחון בבטון או נזילה בפלדה) אך ללא פגיעה משמעותית בתפקוד.

4.6. סווג מבנים בהם המערכת הקונסטרוקטיבית אינה נראית לעין

ברוב המקרים שלד הבניין מוסתר על ידי אלמנטים אדריכליים, כגון חיפויים, מחיצות ותקרות תותב, ולכן קשה לקבוע את הנזק הקונסטרוקטיבי בסקירה ויזואלית. בבניין טיפוסי, על הסוקרים לבחון את מצבם של קירות החיפוי ואלמנטים אדריכליים אחרים, חוץ ופנים, כדי לאמוד את מידת ההסטה הקומתית או הנטייה מהאנך, דפורמציות פיתול ועוותים בלוחות (ממברנות) אופקיים כתוצאה מהרעידה. מידע זה, בנוסף לזיהוי אלמנטים של המערכת הקונסטרוקטיבית באזורים בה היא חשופה (בקומת מרתף, חדר מכונות, חדרי מדרגות וכדומה).

כאשר קיים חשד לנזק קונסטרוקטיבי משמעותי, אך השלד אינו חשוף במידה מספקת כדי לוודא את מידת הנזק, יש לסווג את הבניין "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן" ולהודיע לדיירים שעליהם לפנות את הבניין מיידית. כמו כן יש להודיע לבעלי הבניין שעל מנת להמשיך בתהליך הערכת הבטיחות לאכלוס עליהם לנקוט בצעדים הבאים:

- לשכור קבלן לצורך הריסה של קירות, תקרות תותב וכדומה כדי להשלים את ההערכה במיון מפורט; או לחליפין
- לארגן ביצוע הערכה הנדסית (פרק 11) על ידי מהנדס מבנים מומחה.

4.7. קריטריונים לתיוג המבנה במיון מפורט

תיאור כללי של מצב הבניין המתאים לכל אחת מהקטגוריות לסווג המבנה ("מתאים לאכלוס", "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן") נתון בטבלה 2.1. במיון המפורט, יש להתחשב בקריטריונים נוספים כדלהלן:

1. **"מתאים לאכלוס"**. סווג המבנה בקטגוריה "מתאים לאכלוס", המצביעה על כך שאין מגבלות על אכלוס המבנה, על כל התנאים הבאים להתקיים:
- 1.2. תסבולת המערכת הנושאת (לכוחות אנכיים) לא נפגעה משמעותית, ואין מוקדים פוטנציאליים לחוסר יציבות (לדוגמה נזק למחברים יבשים של תקרה טרומית או גזירת ברגים במחבר קורת פלדה).
- 1.3. תסבולת מערכת ההקשחה (לכוחות אופקיים) לא נפגעה משמעותית.
- 1.4. אין אלמנטים בסכנת נפילה או גורמי סיכון אחרים, אלא אם כן הם תויגו כנדרש ונחסמה הגישה אליהם.
- 1.5. אין סממנים לנזק משמעותי לביסוס או לתזוזות קרקע.
- 1.6. יציאות העיקריות מהבניין שמישות ודרכי המילוט פתוחות.
- 1.7. אין כל גורמי סיכון ותנאים מסוכנים אחרים הנראים לעין.

2. **"מוגבל בשימוש"**. מציין מבנה שלצוות הסוקרים יש לגביו :
 - 2.1. ספקות כבדים לגבי בטיחות לאכלוסו שניתן לבררם רק על ידי חשיפת השלד או הערכה הנדסית (פרק 11) ; או
 - 2.2. אי ודאות לגבי נזק נוסף עקב סיכונים גיאולוגיים ; או
 - 2.3. אי ודאות לגבי קיום גורמי סיכון נוספים (לדוגמה : חשש לדליפה של חומר מסוכן).
3. **"מבנה מסוכן"**. מציין מבנה שבו יש :
 - 3.1. גורם סיכון ודאי ; או
 - 3.2. דרגת נזק שעלולה לגרום להתמוטטות עקב העומסים הקיימים או כתוצאה מרעידה מאוחרת ; או
 - 3.3. קיים גורם סיכון נוסף (לדוגמה : נוכחות אסבסט מתפורר).

4.8. סדר הפעולות לביצוע מיון מפורט

הערכת בטיחות המבנה במסגרת המיון המפורט מהווה למעשה סקירה ויזואלית קפדנית של המבנה הפגוע, מבחוץ ומבפנים. ההערכה נעשית במספר שלבים כמפורט להלן. בדומה לגישה של "מקדם חשיבות" בתקני בניה, הערכת מבנים שבהם צפויה התקלות (לדוגמה : אודיטורים, היכל למופעים או מבנה ציבור בעל שטח גדול) או מבנים ומתקנים המכילים חומרים מסוכנים (לדוגמה : בתי זיקוק, מיכלי אמוניה) תבוצע בצורה שמרנית. מספר נפגעים גדול עקב התמוטטות גג אודיטוריום גדול, לדוגמה, עשוי להיות פי 100 עד 500 ויותר מאשר בבית מגורים פרטי.

א. שלב א': סקירה חיצונית של המבנה

- א.1. התחל את הסקירה על ידי הליכה סביב המבנה מבחוץ.
- א.2. **נסה לזהות את סוג המערכת הקונסטרוקטיבית.** זכור כי גיל המבנה הוא מדד חשוב לעמידות המבנה לרעידות אדמה. במבנים ישנים רבים, שלא נבנו בהתאם לתקני בניה מודרניים, נזקי רעידת אדמה יהיו גדולים יותר מאשר מבנים חדשים יותר. ראה טבלה 4.1 למדדי גיל של סוגי מבנים שונים.
- א.3. **בדוק האם ישנה אי-סדירות במתווה האנכי או אי-רציפות של מערכת ההקשחה לגובה המבנה.** במבנים לא סדירים אנכית ישנה הקטנת קשיחות פתאומית לגובה המבנה, כגון היצרות או קומה גמישה (לדוגמה : קומת עמודים מפולשת). הניסיון מלמד כי במקרים רבים הנזקים מתרכזים באזורים אלה. ראה תרשים 4.1 להמחשה של מספר מקרים שכיחים של אי סדירות ואי רציפות אנכית.
- א.4. **בדוק האם ישנה אי-סדירות במתווה האופקי.** אלה כוללים בין היתר צורה לא סימטרית בהיטל אנכי, מגרעות, פינות פנימיות ופתחים גדולים בלוחות הקשחה (דיאפרגמות) אופקיים. בדומה לאזורים של אי סדירות במתווה האנכי, לרוב הנזק יתרכז באזורים אלה. ראה תרשים 4.2 להמחשה של מספר מקרים שכיחים של אי סדירות אופקית.
- א.5. חפש סימנים לנטייה מהאנך של קירות חוץ, עמודים ואלמנטי חיפוי חיצוניים, המהווים עדות להסטה בין קומתית שיוויון חריגה.
- א.6. **בדוק את מצבם של אלמנטי חוץ אדריכליים** כגון קירות מסך, מעקים ושלטים לפני הכניסה למבנה.
- א.7. חפש סדקים חדשים ביסודות וקורות מסד בהיקף המבנה.

ב. שלב ב': סקירת האתר לסיכונים גיאוטכניים

- ב.1. בדוק את הקרקע באתר לזיהוי בקעים, בליטות או תזוזות אנכיות לאורך קווי שבר.

- 2.ב. באזורי מדרון בדוק אם התרחשה גלישה או קיימת סכנה להתדרדרות שפוכת במורד המדרון העלולה לפגוע במבנה או בבני אדם.
- 3.ב. בדוק את מצבם של קירות תמך שתוזתם עלולה לסכן את יציבות המבנה.
- 4.ב. כאשר קיים סיכון גיאוטכני, על צוות הסוקרים לכלול מהנדס קרקע או גיאולוג.
- 5.ב. מאחר וגורמי סיכון גיאוטכניים באתר עשויים להשפיע על שטח הכולל מספר מבנים, גם מבנים שלא ניזוקו בתחום ההשפעה של הסיכון הגיאוטכני יסווגו "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן". לדוגמה, מבנה הבנוי ליד קיר תמך גבוה שניזוק ויש לגביו חשש לכשל או תזוזה נוספת עקב עומס הקרקע יסווג "מבנה מסוכן".

ג. שלב ג': סקירה פנימית של המבנה

- 1.ג. לפני הכניסה למבנה, חפש אלמנטים בסכנת נפילה והערך את יציבות המבנה (סכנת התמוטטות). אין להיכנס למבנים מסוכנים בעליל.
- 2.ג. היכנס לתוך המבנה.
- 3.ג. לרוב, שלד המבנה מוסתר על ידי קירות, תקרות ואלמנטים אדריכליים אחרים. סוקר רשאי להסיר פנלים של תקרות תותב כדי לראות את המערכת הקונסטרוקטיבית, אבל חשיפת השלד על ידי הריסה של אלמנטים אדריכליים לרוב לא נעשית על ידיו. במידה ובעל הבניין או הדייר מוכן לכך, הצבע על מקומות בהם מומלץ להרוס קירות גבס או אלמנטים אדריכליים אחרים לצורך חשיפת רכיבי שלד. ההריסה תבוצע בידי הבעלים או הדייר בלבד ובאחריותו.
- 4.ג. בדוק ויזואלית חדרי מדרגות, מרתף, חדרי מכונות ואזורים אחרים בהם רכיבי שלד עשויים להיות חשופים גם אם השלד מוסתר במקומות אחרים.
- 5.ג. בדוק את שלמות המערכת הנושאת. חפש מצבים בהם ישנם סימני כשל בעמוד, קורות נושאות תקרות או גג נכשלו, החלו להיכשל או זזו מסמכיהן.
- 6.ג. בדוק את שלמות מערכת ההקשחה. המצאות הסטה קומתית שיורית חריגה (סעיף א.5) מעידה על נזק למערכת ההקשחה של המבנה.
- 7.ג. השתמש בהדרכה לגבי בקרה של מבנים מסוגים שונים, לפי הפירוט הבא:

- מבנים לא שלודים.....פרק 5
- מבנים מבטון.....פרק 6
- מבנים בעלי שלד פלדה.....פרק 7

יש לזכור שאלה רק קווים מנחים, ויש להפעיל שיקול דעת כדי להימנע מהערמת קשיים לא מוצדקים על הדיירים ובעלי המבנים, אבל תמיד יש להימנע מחשיפתם לסיכונים מיותרים.

- 8.ג. בדוק אלמנטי ביסוס חשופים במרתף או קומת הקרקע לנוכחות שברים, סדקים חדשים או שקיעה הבדלית (דיפרנציאלית). אם קיים מרתף, בדוק את רצפה והקירות שלו לסדיקה או בליטות חריגות כתוצאה מלחץ עפר.

ד. שלב ד': סקירה לסיכונים לא-מבניים

- 1.ד. בסקירת פנים המבנה, חפש אם קיים נזק לאלמנטים הבאים:
 - חיבורים של אלמנטי חיפוי (אם ניתן לראות אותם).
 - מחיצות בני (בלוקים), במיוחד במבנים ישנים בהם עלולות להיות מחיצות ללא חגורות מבטון מזוין.

- מחיצות פריקות (גבס).
- תקרות תותב, תקרות תלויות אחרות (רביץ) וגופי תאורה.
- מיכלים וציוד אחר על הגג.
- אלמנטים אדריכליים אחרים.

במידה וקיים חשד לנזק באלמנטי חיפוי, יש לבדוק מספר מחברים טיפוסיים. קיום מנחים להערכת מחברים ואלמנטים לא מבניים אחרים מופיעים בפרק 10.

ד.2. **נזק משמעותי לאלמנטים אדריכליים** במבנים שאין בהם גורמי סיכון אחרים לא מחייב בהכרח סווג כל המבנה כמסוכן. ניתן לתייג "אזור מסוכן" ולחסום גישה לאזורים המסוכנים (לדוגמה: חדריים עם מחיצות פגועות) ולסווג את המבנה "מוגבל בשימוש".

ה. **שלב ה': סקירה לסיכונים אחרים**

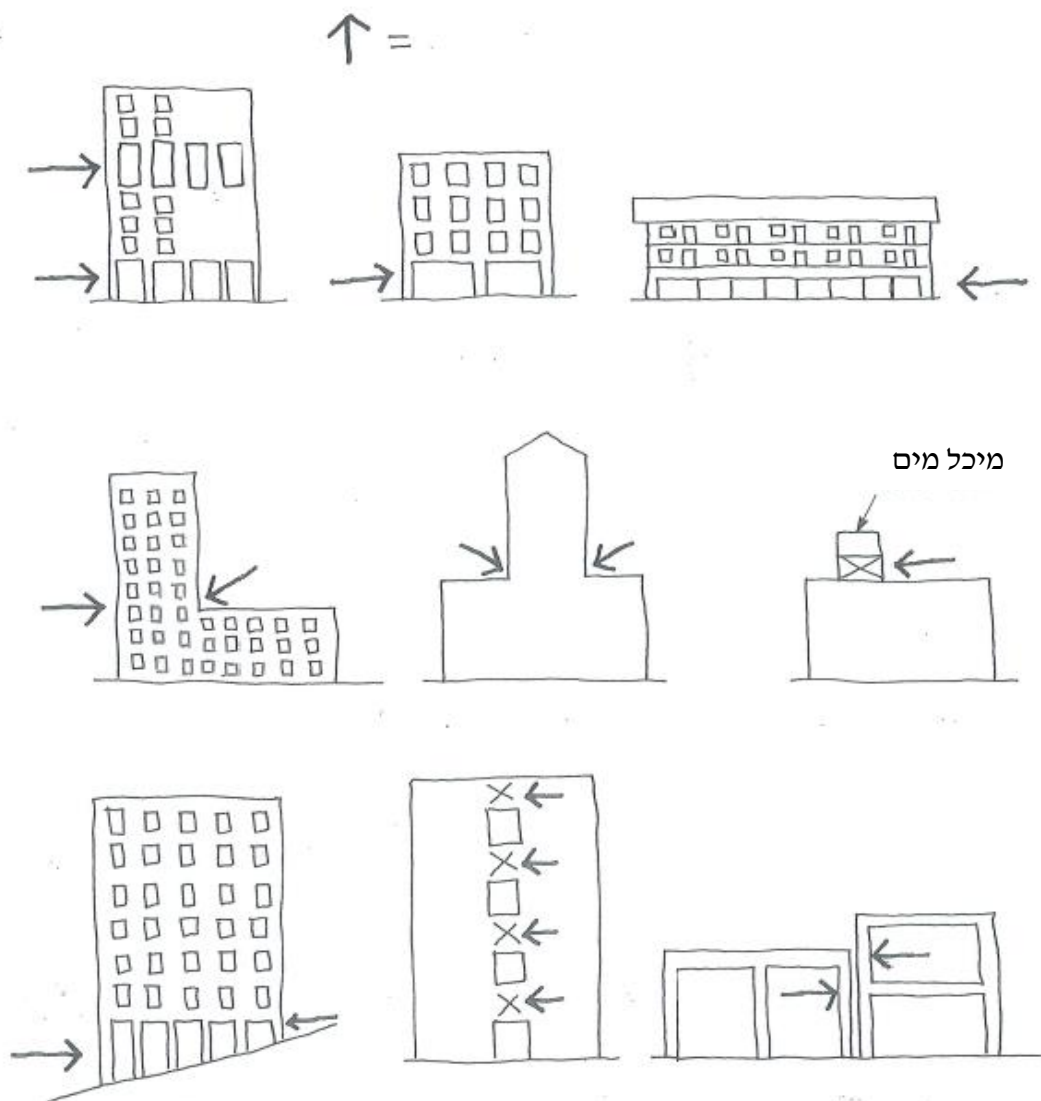
- ה.1. **אין להפעיל מחדש מעליות ללא בדיקת מהנדס מעליות מוסמך.** קיום מנחים לבדיקת מעליות לאחר רעידת אדמה נתונים בפרק 9.
- ה.2. **חפש דליפות או נזילות באזורי אחסון כימיקלים או חומרים מסוכנים אחרים.** כללי בטיחות אישית בעבודת שטח נתונים בפרק 13.
- ה.3. **אם קיים נזק לציוד כבוי אש או התראה בפני שריפה, יתכן ותידרש הגבלה בשימוש במבנה.** קיום מנחים נתונים בפרק 10.
- ה.4. **בדוק את בטיחות מבנית של מדרגות ובצע סקירה של דרכי המילוט והיציאות מהמבנה** לזיהוי חסימות ודלתות תקועות.

ו. **שלב ו': מלוי טופס תיעוד מיון מבנה מפורט ותיוג המבנה**

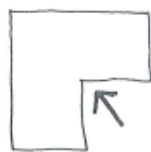
- ו.1. **בצע הערכת בטיחות כוללת וסווג את המבנה** תוך שימוש בטופס תיעוד מיון מבנה מפורט (נספח א'). ציין המלצות לבעל המבנה לביצוע תמיכות זמניות או כל פעולה דחופה אחרת המתבקשת.
- ו.2. **תייג את המבנה** לפי סיווגו באמצעות אחד משלושת התגים: "מתאים לאכלוס" (ירוק); "מוגבל בשימוש" (צהוב); או "מבנה מסוכן" (אדום). תייג את כל הכניסות לבניין המסווג "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן".
- ו.3. **הסבר לדיירים את משמעות סווג "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן" והמלץ על פינוי מיידי.** יש לפנות גם אזורים שסומנו "אזור מסוכן".

טבלה 4.1 מצייני גיל לחומרי בניה ורכיבים

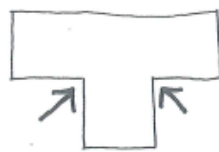
מצייני גיל		חומר בניה / רכיב
חדש	ישן	
בטון מזוין עם ציפוי אבן, ברנוביץ'	קירות אבן; דבש עבה עם ציפוי אבן	אבן, בטון דבש
מגדלי מרחבים מוגנים	מקלט ללא מרחבים מוגנים	מרחבים מוגנים
תבניות פלדה, תבניות מודולריות		בטון מזוין
תקרת דרוכות ללא קורות		תקרות מקשיות
תקרת קסטות, פל-קל	ארגזי מלוי מצלוליט	תקרות צלעות
קירות מסך (טרומי, זכוכות)		קירות חוץ
קירות הקשחה מבטון	עמודים וקירות בני בלבד	קומת עמודים



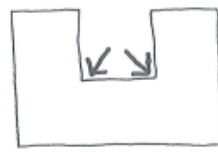
תרשים 4.1 מערכות הקשחה בעלות אי-סדירות או אי-רציפות במתווה האנכי.
(לפי 1-20-ATC)



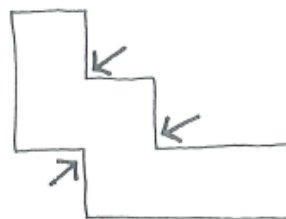
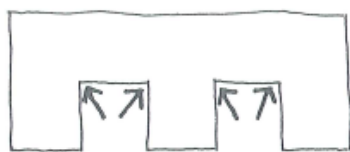
צורת L



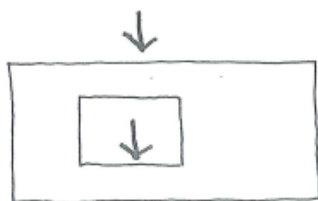
צורת T



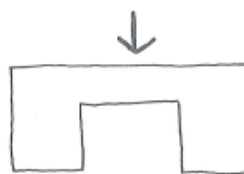
צורת U



צורות מורכבות אחרות



פתח גדול בלוח (דיאפרגמה)



לוח עם מקשר חלש

↑ = אזור רגיש לנזק

תרשים 4.2 מערכות הקשחה בעלות אי-סדירות במתווה אופקי.

(לפי 1-20-ATC)

5. בקרת מבנים לא שלודים

5.1. כללי

מבנים לא שלודים הם מבנים ללא מערכת הקשחה ייעודית לקבלת כוחות אופקיים.

מבנים לא שלודים מהווים כ-5% מכלל המבנים הקיימים במדינת ישראל, ובתוכם מבנים רבים שנבנו בארץ לפני אמצע המאה העשרים. ריכוז מבנים לא שלודים ניתן למצוא במרכזי הערים הגדולות והוותיקות, כגון עכו, צפת, ירושלים, יפו וכדומה וכן ביישובים של בני מיעוטים.

מבנים לא שלודים הם לרוב מבנים נמוכים הבנויים עם מערכת נושאת כבדה, הכוללת בין היתר קירות מלבני סליקט או לבנים אחרות, בטון דבש (רב נפח), אבן (עם או בלי מילוי חרסית או טיט) או שילוב שלהם. קשה מאד לאפיין את בטון הדבש לפי קריטריונים הנהוגים בבטון תקני. הבטון בקירות דבש הוא לרוב לא אחיד, מכיל חללים, ובעל שוני גדול בחוזק לחיצה וגזירה ממבנה אחד לשני. לרוב אין זיון כלל בקירות אלה. במקרים בהם קיים זיון כמות הזיון בד"כ קטנה מהזיון המינימלי הנדרש לבטון מזוין. הביסוס של הקירות הוא לרוב בצורת יסוד עובר עשוי מאבנים טבעיות גדולות יותר מאבנים ששימשו לקירות. במקרים חריגים, ניתן למצוא ביסוס בצורת רפסודה, לרוב באיכות בטון ירודה וכמות הזיון קטנה.

התקרות והגג במבנים לא שלודים נשענים על הקירות. ישנו מגוון גדול של סוגי תקרות: תקרות אן גגות קימרון או כיפה מאבן, תקרות רלסים עם קמרונות אבן או תקרת בטון דקה, תקרות עץ, גגות ממסבכים/קורות עץ בכיסוי רעפים ועוד.

במקרים רבים המבנה נבנה בשלבים, כאשר על המבנה המקורי בוצעו במשך הזמן תוספו בניה (תוספת אגפים, תוספת קומות, מרפסות וכד') בטכניקות בניה שונות. בנוסף, ישנם מקרים בהם בוצעו שינויים במבנה המקורי, כדוגמת תקרות עץ מקוריות שהוחלפו בתקרות כבדות מבטון מזוין.

כאשר מבנה לא שלוד מתמוטט ברעידת אדמה, סיכויי השרידות של הלכודים הם קטנים ביותר. מבנים לא שלודים מתמוטטים לרוב בצורה של ערימת שפוכת צפופה. ההרס מורכב מאלמנטים קטנים (שברי קירות, תקרות ותכולה), ועקב היעדר אלמנטים קשיחים וגדולים לא נוצרים חללים גדולים מספיק לאפשר הישרדות לכודים. לאור עובדה זאת, בעת חילוץ ממבנה לא שלוד שהתמוטט לרוב אין שימוש בכלי צמ"ח אלא בעבודת ידיים ("פינוי בסיסי") לפינוי פסולת. מבנה לא שלוד שניזוק באופן משמעותי ברעידת אדמה, וישנה סכנת התמוטטות ברעידה עוקבת, מהווה למעשה סיכון גדול לחיי אדם.

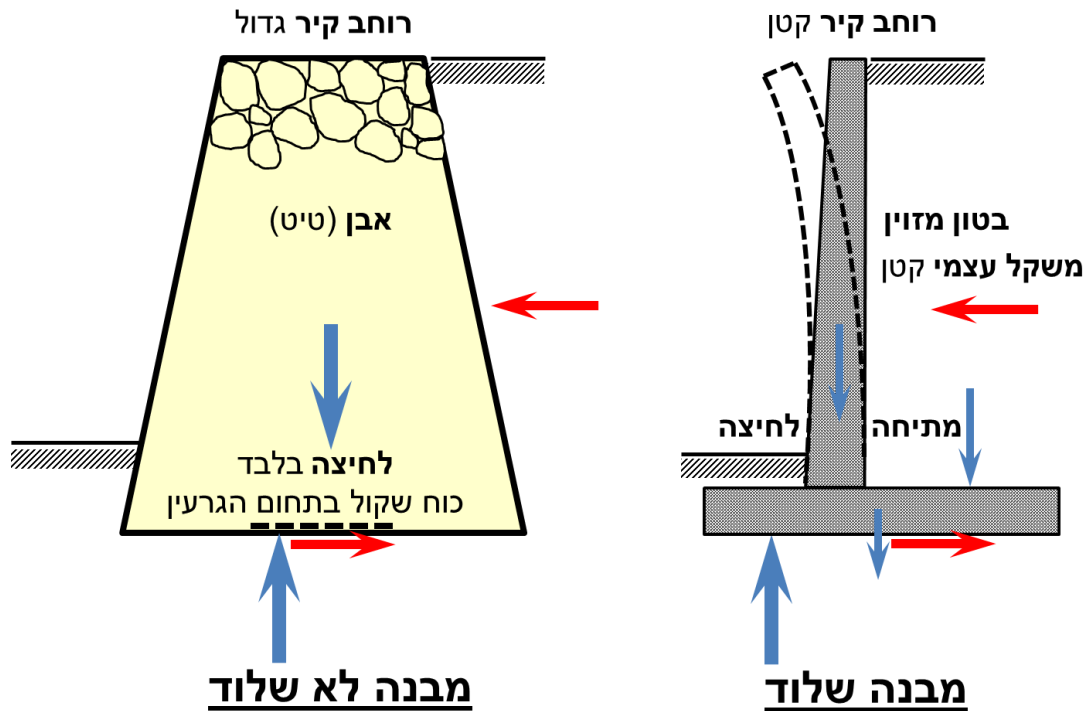
5.2. התנהגות מבנים לא שלודים ברעידת אדמה³

מבנים לא שלודים נושאים עומסי כבידה, אך עשויים גם לעמוד בעומסים אופקיים (רעידת אדמה, רוח) – למרות שאין להם מערכת הקשחה ייעודית.

לצורך המחשת ההבדל העקרוני בין התנהגות מבנה שלוד לבין מבנה לא שלוד בעומסים אופקיים, מובאים בתרשים 5.1 שני סוגי קירות תומכים:

- קיר זיזי מבטון מזוין – מבנה שלוד; לעומת
- קיר כובד מאבן – מבנה לא שלוד.

³ חלק מהחומר בפרק זה מבוסס על סמינר ומצגות של פרופ' קלאודיו מודנה ופרופ' פרנצ'סקה דה פורטו מאוניברסיטת פאדובה (איטליה).



תרשים 5.1 קיר זיזי מבטון מזוין (שלוד) לעומת קיר כובד (לא שלוד).

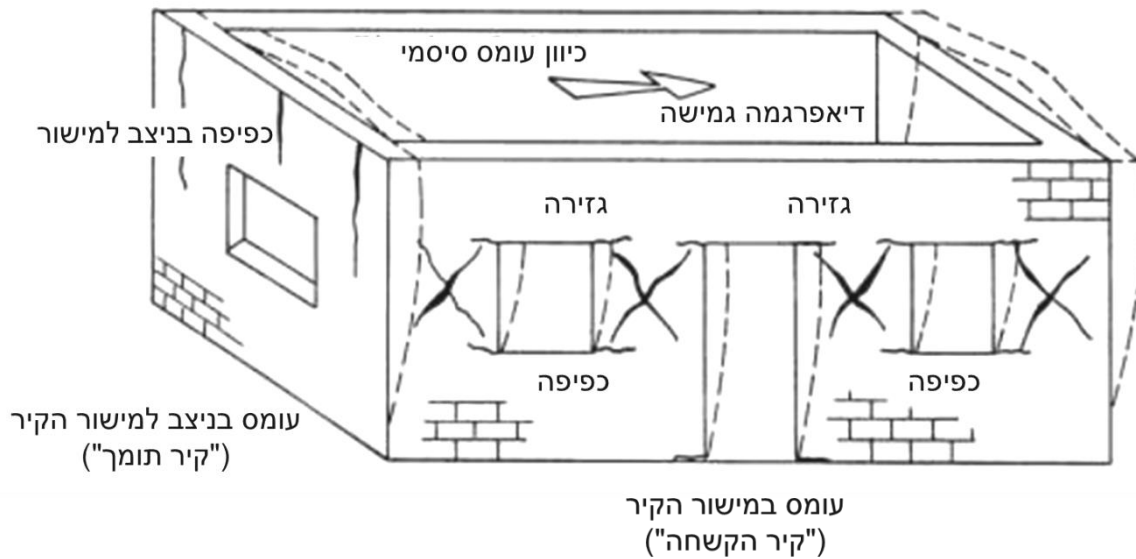
שני הקירות מעבירים את אותו עומס אופקי הנובע מהפרש גובה הקרקע בין שני צדי הקיר, בעלי מקדם ביטחון מספיק להיפוך והחלקה, אך עובדים בצורה שונה:

<u>מבנה לא שלוד (קיר כובד)</u>	<u>מבנה שלוד (קיר זיזי)</u>
• אבן (עם או בלי מילוי)	• בטון מזוין
• חתכים בעובי גדול	• חתכים בעובי קטן
• משקל עצמי גדול	• משקל עצמי קטן
• יכולת לקבל לחיצה בלבד בחתך (חוזק מתיחה זניח)	• יכולת לקבל מתיחה ולחיצה בחתך (כפיפה)
• תסבולת גזירה - מכוח לחיצה צירי	• תסבולת גזירה - בטון וזיון
• שקול כוחות בתחום גרעין (כדי למנוע מאמצי מתיחה בקיר - דורש חתך רחב ומשקל עצמי גדול)	• שקול כוחות בתחום יסוד (בהגבלת מאמץ קרקע ומקדם ביטחון להיפוך)

התכונות העיקריות שמאפשרות לקיר הכובד לתפקד הן משקל עצמי גדול ורוחב חתך גדול. שתי תכונות אלה מאפשרות תפקוד הקיר בתחום מאמצי לחיצה – ללא התפתחות מתיחה משמעותית, הן בכפיפה והן בגזירה.

ברעידת אדמה, העומסים על הקירות במבנה לא שלוד הם בעלי אופי שונה מאשר הכוחות על קיר תומך – אך התכונות המתוארות לעיל של קירות כובד מאפשרים להם לעמוד בהם בתנאי שאין מתיחה משמעותית בקיר. עומסים אינרציאליים אופקיים (ואנכיים) פועלים על המבנה – בנוסף על משקלו. קירות המבנה משמשים הן כקירות נושאים (מקבלים עומס אנכי), הן כקירות הקשחה (מקבלים עומסים אינרציאליים אופקיים במישורם) והן כקירות תומכים (מקבלים עומסים אינרציאליים אופקיים בניצב למישורם).

התנהגות טיפוסית של קירות במבנה לא שלוד בעת הרעידה מתואר בתרשים להלן :



תרשים 5.2 התנהגות טיפוסית של קירות במבנה לא שלוד בעל קומה אחת ברעידת אדמה.
מקור : פרופ' קלאודיו מודנה.

ישנם הבדלים משמעותיים בין תגובה של מבנה שלוד ולא שלוד לעומס סיסמי, כדלקמן :

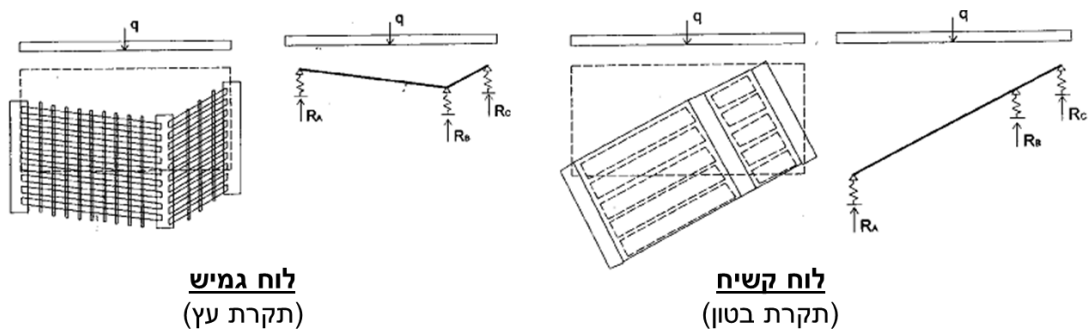
- מבנים שלודים עשויים להתנהג בצורה משיכה – בהתאם לדרגת המשיכות שלה הם תוכננו. מבנים לא שלודים תמיד יתנהגו בצורה פריכה – כלומר הרס קטסטרופלי (אובדן יציבות והתמוטטות) ללא תסבולת שיורית לאחר סדיקה משמעותית.
- הקירות במבנים לא שלודים הם לרוב עבים וכבדים, בעוד שהתקרות/גג עשויים להיות קלים/גמישים (לדוגמה גג עץ ורעפים ו/או תקרת עץ או רלסים). במבנים עם יותר מקומה אחת עובי הקירות עשויים להיות שונים בין הקומות (קירות דקים יותר למעלה ובעלי עובי גדול יותר בקומות התחתונות).
- המבנים הלא שלודים הם לרוב בעלי קשיחות גדולה המתבטאת בזמן מחזור בסיסי קטן. לפיכך, התאוצה הספקטרית היא גדולה. מבנים אלה הם גם בעלי מסה גדולה (במיוחד הקירות שהם קירות כובד), כך ששילוב של תאוצה ספקטרית גדולה עם מסה גדולה תגרום לכוחות סיסמיים אופקיים גדולים יחסית לגודל המבנה.
- עקב המסה הגדולה של הקירות במבנים לא שלודים, הם מקבלים את מרבית העומס הסיסמי האופקי (פועל הן במישור הקיר והן בניצב למישורו), בעוד שהתקרות/גג - שהן לעתים אלמנטים קלים מעץ - יהיו עומסים אינרציאליים אופקיים קטנים יחסית. מצב זה שונה מפילוג הכוחות במבנה שלוד - בו מרבית הכוחות הסיסמיים פועלים במישורי התקרות. מצב זה עלול לגרום להתנתקות או נפילה של קירות חזית כבדים כלפי חוץ.
- תקרה קלה במבנה שלוד מהווה **לוח גמיש** (דיאפרגמה גמישה) – בניגוד לתקרת בטון במבנים שלוד המתנהג כלוח קשיח (דיאפרגמה קשיחה בהנחת "תקרה קשיחה במישורה"). לוח גמיש מתפקד כקורה אופקית על שני סמכים (קירות הקשחה) ללא קשר לקשיחותם של הסמכים (הקירות) - בניגוד ללוח קשיח בו מוגדר מרכז קשיחות וחלוקת הכוחות היא בהתאם לקשיחות היחסית הקיר/הגרעין ומרחקו ממרכז הקשיחות (בפיתול). עיקרון זה מתואר בתרשים 5.3.
- בשני סוגי המבנים (שלוד ולא-שלוד), הקירות מהווים השענה אנכית לתקרות, בעוד התקרות מהווים השענה אופקית לקירות בניצב למישורם. במבנה שלוד, הקיר גמיש

בניצב למישורו, והסמך האופקי הוא סמך קשיח ("לא שוקע"). לעומת זאת במבנה לא שלוד, הקיר הוא בעל קשיחות (עובי) גדולה בניצב למישורו בעוד שהתקרה היא לוח גמיש (סמך שוקע), ולכן לא יכולה לשמש כסמך אפקטיבי לקיר. תזוזת התקרה/גג ו/או היפרדות הקיר מקירות השפה (שפות אנכיות משני צידי הקיר) עקב קשר לא מספיק תגרום לכפיפה אופקית/אנכית בקיר, סדיקה ואף התמוטטות הקיר בניצב למישורו, כמתואר בתרשים 5.4 הכולל 3 אופני כשל:

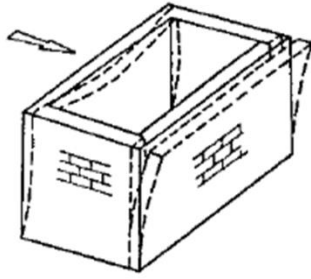
- במקרה של **תקרה גמישה וקירות לא מחוברים כהלכה** התקרה תקבל הזזות אופקיות גדולות במישורה. עקב כוחות אינרציה בניצב למישור הקירות, קירות החזית (הקירות בניצב לכיוון הרעידה) הלא מחוברים עלולים לקבל נזקי כפיפה (כאשר הם נדחפים לכיוון המבנה) או להתמוטט כלפי חוץ.
- עבור **תקרה גמישה עם קירות מחוברים** התזוזות בשפות האנכיות של הקירות מרוסנות על ידי הקירות הניצבים, אך השפה העליונה של הקיר עלולה לקבל תזוזה גדולה בניצב למישור הקיר. תזוזה זאת תתבטא בסדקי כפיפה אנכיים בקירות.
- **בתקרה קשיחה עם קירות מחוברים** כל שפות התקרה מרוסנות. עקב כוחות אינרציה בניצב למישור הקירות, הם יעבדו לכפיפה כטבלות בכיוון אחד או מצולבות (פלטות), המתבטאת בסדיקה אופקית ו/או אנכית. כאן יש להעיר כי בכיוון אנכי – משקל הקיר עובד יחד עם מומנט הכפיפה ומרסן את מאמצי המתיחה, בעוד שאם קיימים מומנטים בכיוון האופקי ייווצרו מאמצי מתיחה וסדיקה אנכית.

• תסבולת הקירות במבנה לא שלוד לעומסים אינרציאליים במישורם מתאפשרת הודות לכוח הצירי הגדול בקיר הנובע בעיקר ממשקלו העצמי (בתוספת משקל התקרות). התנהגות טיפוסית של קיר במבנה לא שלוד לעומסים אופקיים במישורו (פעולת "קיר הקשחה") מתוארת בתרשים 5.5. הכפיפה בקיר גורמת למאמצי מתיחה (סדיקה) בתחתיתו בצד אחד, ולמאמצי לחיצה (מעיקה) בצד שני. הכוח הצירי בקיר עשוי לבטל את מאמצי המתיחה ולמנוע סדיקה. מאמצי הלחיצה הגדולים עשויים להתקבל ללא כשל במעיקה מאחר והחומר (אבן) חזק יחסית בלחיצה.

• מאמצי הגזירה גורמים למאמצי מתיחה ראשיים/סדקים אלכסוניים – כמתואר בתרשים 5.5. בניגוד לקירות הקשחה מבטון מזוין בהם תסבולת הגזירה נובעת בעיקר מהבטון והזיון הרוחבי, בקירות במבנה לא שלוד - מרבית תסבולת הגזירה נובעת מהכוח הצירי האנכי בקיר (בדומה מתרומת הדריכה לתסבולת הגזירה בבטון דרוך). ככל שהכוח הצירי גדול יותר כך תסבולת הגזירה גדולה יותר. אחת מההשלכות של עובדה זאת היא שבניגוד לקירות הקשחה מבטון מזוין בהם נזקי הגזירה יתרכזו בעיקר בתחתית (כוח הגזירה הקומתי גדול ביותר), בקירות הקשחה במבנה לא שלוד נזק/כשל בגזירה עלול להתרחש בכל מקום לגובה הקיר. הסיבה היא שגם כוח הגזירה הקומתי גדל כלפי מטה, אך גם הכוח הצירי/תסבולת הגזירה בקיר גדל כלפי מטה. דוגמאות לכך אפשר לראות בתרשימים 5.6 ו-5.9.

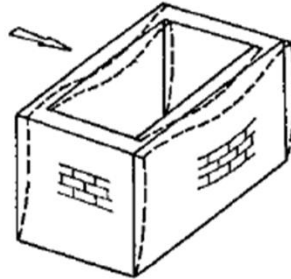


תרשים 5.3 התנהגות לוח קשיח (תקרת בטון) לעומת לוח גמיש (תקרת עץ).



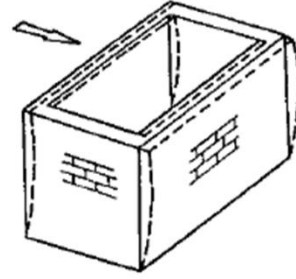
כשל עקב התנתקות מתקרה וקירות

כפיפה אנכית / סדיקה אופקית
פנימית / התמוטטות
(תקרה גמישה או קשיחה)



כשל עקב תזוזת תקרה גמישה

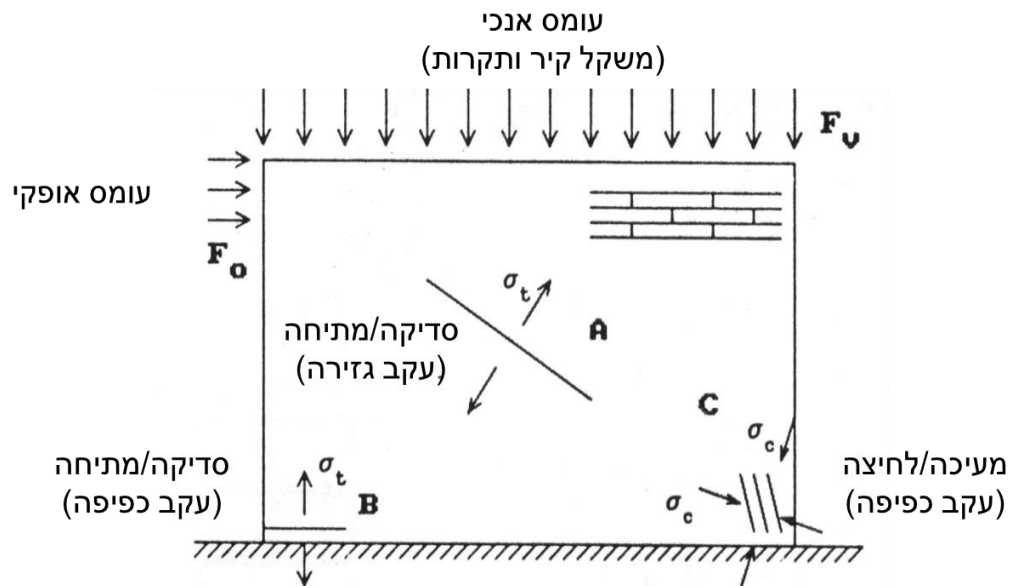
כפיפה אופקית / סדיקה אנכית
(תקרה גמישה)



התנהגות טבלה

כפיפה חד כיוונית/מצולבת
לפי יחסי מידות הקיר
(תקרה קשיחה)

תרשים 5.4 תגובה של קיר במבנה לא שלוד עקב עומס סיסמי בניצב למישורו.
מקור: פרופ' קלאודיו מודנה.



תרשים 5.5 נזקים בקיר במבנה לא שלוד עקב עומס סיסמי במישורו.
מקור: פרופ' קלאודיו מודנה.

5.3. אופני כשל אופייניים מבנים לא שלודים

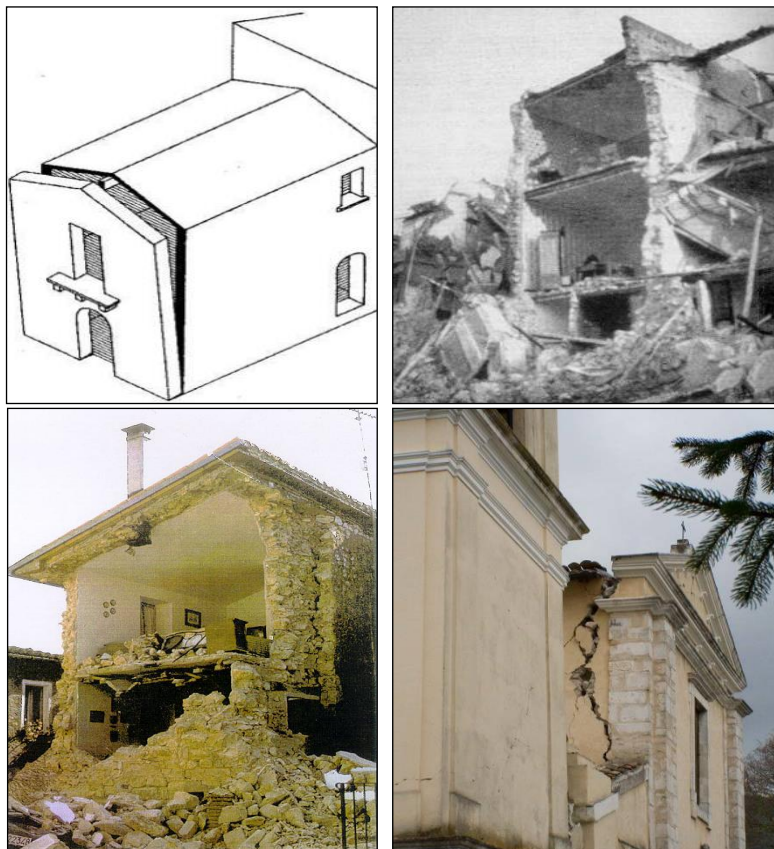
בעת הרעידה עשויים להתרחש מספר צורות עיקריות של נזק (אופני כשל), הכוללים בין היתר:

- **סדקי גזירה בקירות הקשחה** בהם הכוחות האופקיים פועלים במישור הקיר: נזקים אלו יתרחשו לרוב באזור שבין הפתחים (עקב שטח הגזירה הקטן יותר וריכוזי המאמצים בפינות הפתחים) ויהיו בצורה של סדקים אלכסוניים בצורת X. בתמונה הימנית



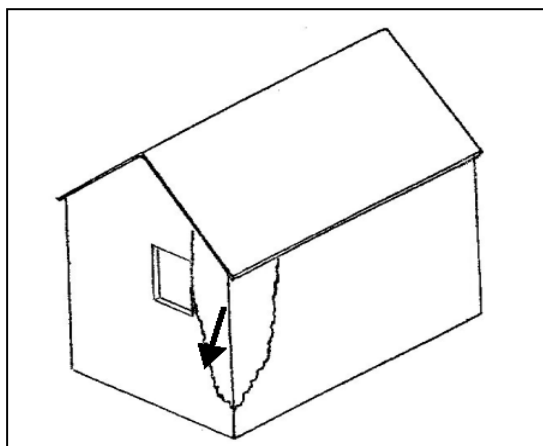
תרשים 5.6 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד: סדקי גזירה. מקור: פרופ' קלאודיו מודנה.

- **התמוטטות/ התנתקות קירות חזית לא קשורים** עקב כוחות סיסמיים בניצב למישור הקיר.



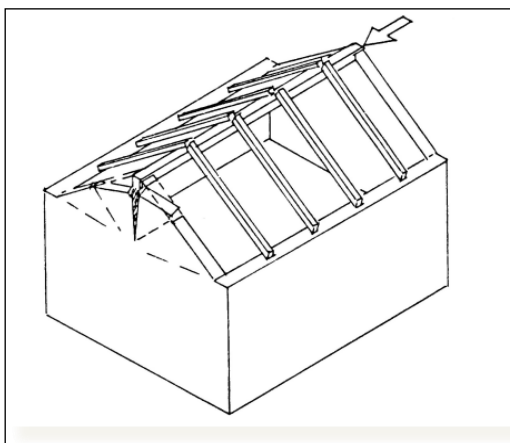
תרשים 5.7 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד: התנתקות/ התמוטטות קירות חזית. מקור: פרופ' קלאודיו מודנה.

- **התמוטטות קירות פינתיים** עקב כוחות סיסמיים בניצב למישור הקיר.



תרשים 5.8 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : התנתקות/ התמוטטות קירות פינתיים.
 מקור : פרופ' קלאודיו מודנה.

- **נזק/ התמוטטות קיר גמלון עקב תזוזת גג גמיש.**



תרשים 5.9 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נזק/ התמוטטות קירות גמלון.
 מקור : פרופ' קלאודיו מודנה.

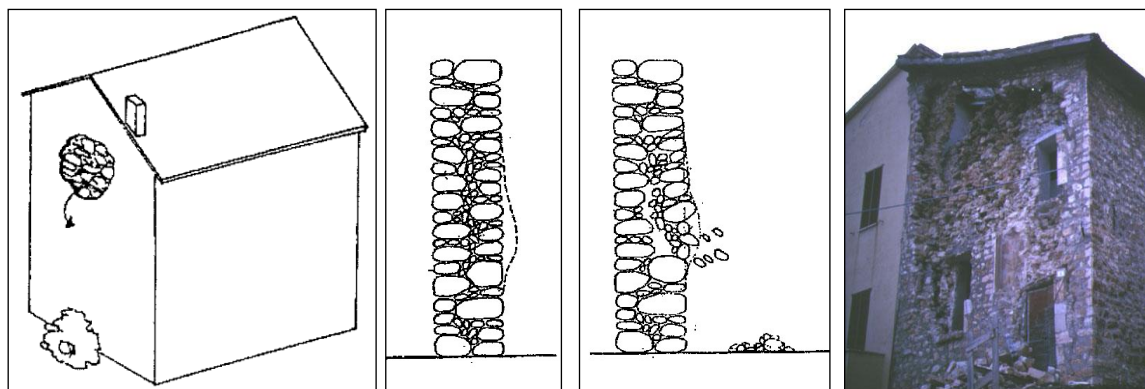
- **נזקים לקירות עקב הקשחת תקרות וגג**

הקשחה של תקרות וגג (החלפת תקרות עץ בתקרות בטון) במבנים לא שלודים עלולה לגרום לכשל הקירות אם הקירות לא קשורים היטב לתקרות החדשות. בנוסף, תקרות הבטון כבדות יותר ומפעילות כוחות אופקיים אינרציאליים גדולים יותר ברעידת אדמה.



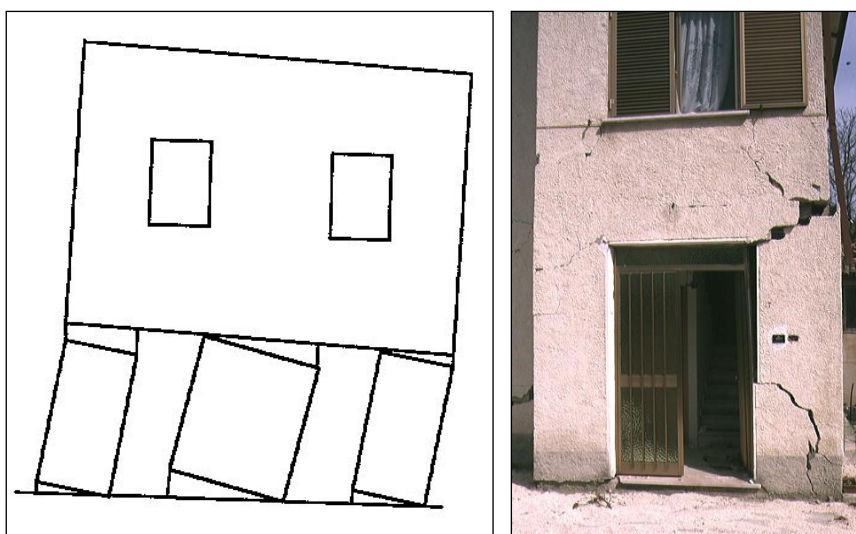
תרשים 5.10 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נזק לקירות חוץ עקב החלפת תקרות קלות בתקרות כבדות מבטון.

• שבר קירות דו-שכבתיים עם מילוי נחות בין השכבות



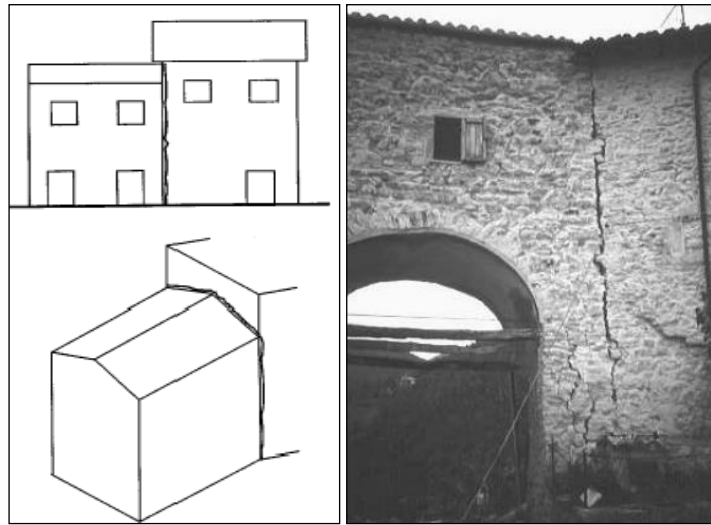
תרשים 5.11 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : שבר קירות דו-שכבתיים עם מילוי נחות בין השכבות. מקור : פרופ' קלאודיו מודנה.

• נטיה והיפוך של עמודי בני



תרשים 5.12 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד : נטיה והיפוך של עמודי בני. מקור : פרופ' קלאודיו מודנה.

- ניתוק אגפים או מבנים סמוכים ללא תפר עקב הולם סיסמי.



תרשים 5.13 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד: ניתוק אגפים או מבנים סמוכים ללא תפר עקב הולם סיסמי. מקור: פרופ' קלאודיו מודנה.

- נזקים עקב תוספות בניה.

במבנים לא שלודים, בעיקר מבנים היסטוריים, ישנם מקרים רבים של תוספות בניה חוקיות או לא חוקיות אשר נעשו במבנה במשך חייו. משמעות תוספות אלו הינה תוספת מסה למבנה, הבדלים בקשיחות בין חלקי מבנה שאינם מחוברים כראוי וכתוצאה מכך התפתחות כשל או נזקים מקומיים בחיבור בין החלקים השונים ואף הולם סיסמי.

בדוגמה זו ניתן לראות נזק מקומי למבנה. הנזק נגרם בתוספת בניה אשר נוספה למבנה במהלך חייו ללא ריתום למבנה העיקרי.



תרשים 5.14 אופני כשל אופייניים במבנה לא שלוד: נזקים בתוספות בניה. מקור: פרופ' קלאודיו מודנה.

6. בקרת מבנים מבטון

6.1. סוגי מבנים מבטון טיפוסיים בישראל

מבני בטון מזוין עשויים להיות יצוקים באתר, טרומיים או שילוב שלהם. נסיון העבר מלמד כי מבנים בטון מזוין יצוק באתר, במיוחד במבנים ישנים שתוכננו לפני הכנסת תקנים מודרניים לעמידות ברעידות אדמה, ניזוקו בצורה קשה ברעידות חזקות. מערכת הקשחה שאינה מתוכננת נכון תוך שימוש בפרטי זיון לא משיכים תגרום להקטנה מהירה בחוזק ובקשיחות המבנה בזמן הרעידה ותוביל לנזק משמעותי ואפילו להתמוטטות.

במבנים טרומיים, נקודות התורפה העיקריות מבחינת העמידות ברעידת אדמה הם הצמתים והמחברים. הנזק למבנים אלה לרוב מרוכז או מתחיל במקומות אלה. גם מבנים אלה, עם אלמנטים מתועשים מבטון מזוין או דרך ידונו בפרק זה.

מבני בטון מזוין, יצוק באתר או טרומי, עשויים להיות בעלי מגוון גדול של תצורות. סוגי מבנים מבטון מזוין למגורים, תעשיה ומסחר הנפוצים בישראל, מסווגים לפי סוג מערכת ההקשחה שלהם, כוללים:

א. מסגרות עם מילוי קירות בני

ב. קירות וגרעיני הקשחה

סוג המבנים הראשון מאפיין את הבניה הקונבנציונאלית למגורים בשנות ה-50, 60 ותחילת שנות ה-70 וכולל מבנים בני שלוש עד ארבע קומות, לרוב עם קומת עמודים מפולשת וחדר מדרגות מקירות בני. במידה והמבנה כולל מקלט בקומת קרקע, הוא מהווה אלמנט הקשחה לא רציף, ובמקרים רבים הוא ממוקם באופן אקסצנטרי כך שהוא עלול לגרום לכשל בפיתול במיוחד בקומה מפולשת. מבנה שלד זה אופייני בבניה צמודת-קרקע גם במבנים מאוחרים יותר.

הרוב המכריע של המבנים הגבוהים יותר (6 קומות ומעלה), שנבנו בישראל החל משנות ה-70, כוללים מערכות הקשחה הכוללים גרעיני הקשחה (פירי מעליות, חדרי מדרגות והחל משנת 1990 גם פירי מרחבים מוגנים) קירות הקשחה פנימיים, ולעיתים קירות חזית המשמשים כמעטפת פעילה המשתתפת בקבלת הכוחות בנוסף לגרעינים. פירי ההקשחה הם בדרך כלל יצוקים באתר, בעוד שקירות ההקשחה עשויים להיות יצוקים או טרומיים.

מערכות הקשחה אחרות מבטון, כדוגמת מסגרות כפיפות או מסגרות מוקשחות (באלכסונים) הן נדירות מאד בישראל, וגם אם הן קיימות הן יהיו חלק ממערכת משולבת עם פירי הקשחה.

6.2. תיאור המאפיינים המבניים

במבני בטון התקרות והגגות משמשים לרוב כלוחות קשיחים (דיאפרגמות) אופקיים המחלקים את העומסים האופקיים בין אלמנטי ההקשחה השונים. תקרות אופייניות כוללות בין היתר את הסוגים הבאים:

א. קורות ותקרות מקשיות בכוון אחד או מצולבות.

ב. קורות ותקרות צלעות או ערוגות (עם או בלי אלמנטי מלוי).

ג. תקרות ללא קורות (מקשיות או צלעות/ערוגות עם קורות סמויות).

ד. תקרות מאלמנטים טרומיים (לוח"דים או בטרום) עם או בלי טופינג.

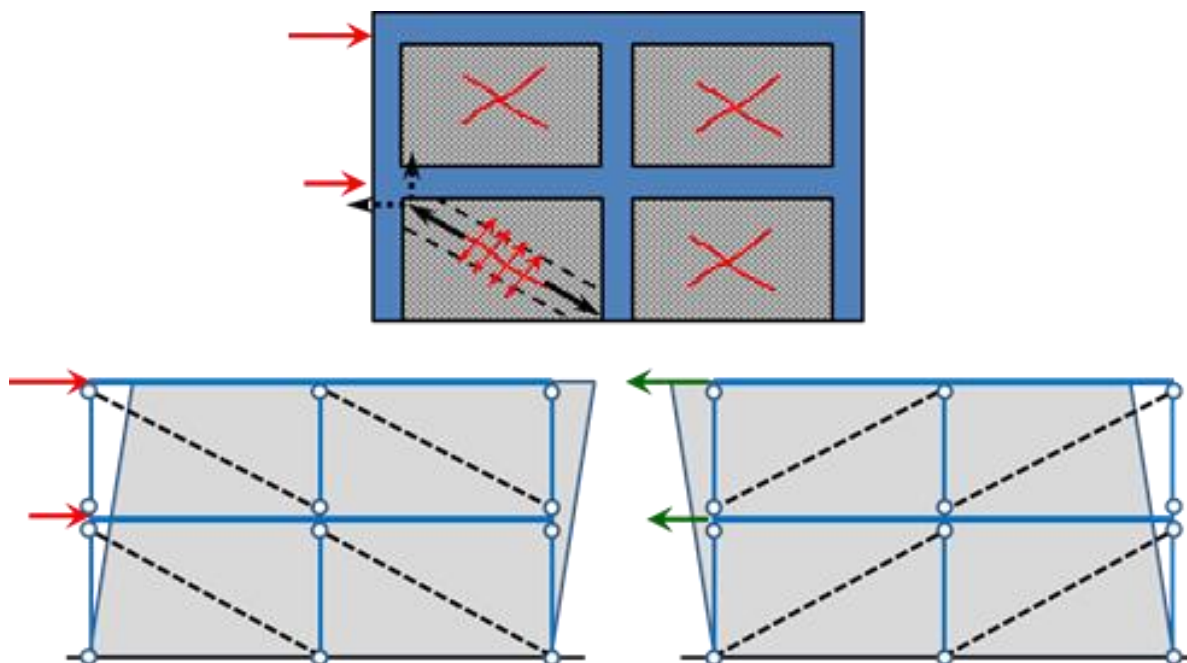
ה. תקרות פל-קל.

התקרות עשויות להיות מבטון מזוין או בטון דרוך. תקרות מקשיות ללא קורות יצוקות באתר ודרוכות בדריכת אחר (גדילים לא מדוייכים עם עוגני קצה) משמשות לרוב להקטנת עובי התקרה במפתחים גדולים. לוחות תקרה טרומיים (לוח"דים) דרוכים בדריכת קדם.

מסגרות עם מילוי קירות בני: חלק גדול מהמבנים הישנים יותר בנויים כמסגרות (קורות ועמודים) עם מילוי קירות בני, המשמשים למעשה כאלמנטי הקשחה – אם כי הם לא תוכננו למלא פונקציה זאת. לרוב, המסגרת לא מחושבת כמסגרת כפיפה אלא העמודים מחושבים כדו-פרקיים והקורות כאלמנטים נמשכים אך ללא פעולת מסגרת לעומסים אופקיים. למעשה, בקירות אלה הכוחות האופקיים מתקבלים על ידי פעולת מסגרת מוקשחת באלכסונים המורכבת מקירות הבני (אלכסונים) ואלמנטי הבטון התוחמים אותם (מסגרת). פעולת הקירות כאלכסוני הקשחה לחוצים המקשיחים את המסגרת (מסגרת מוקשחת) מתוארת בתרשים 6.1.

היעילות של פעולת מסגרת זאת תלויה במאפייני הקיר (בלוק וטיט), בצפיפות וזיון אלמנטי הבטון האופקיים והאנכיים (קורות, עמודים וחגורות אופקיות ואנכיות) ובטיב הממשק בין הקיר לבטון. קירות הבני יהיו לרוב מבלוקי בטון חלולים אם כי נעשה שימוש גם בבלוקי איטונג, בלוקי סיליקט וכדומה. הקירות עשויים להיות עם או בלי עמודונים או חגורות אופקיות. כאשר עמודי הבטון יצוקים לאחר בניית הקיר, הממשק עשוי לרוב באמצעות שינוי קשר (שטרבות) או קוצים בולטים לתוך מישק הטיט בין הבלוקים. קירות בני הבנויים לאחר יציקת קורות ועמודי הבטון אינם מחוברים כראוי בהיקפם ויעילותם בקבלת כוחות אופקיים מוגבלת. קירות בעובי קטן מ-200 מ"מ אינם יעילים לקבלת כוחות אופקיים ולרוב ישברו או יסדקו בצורה קשה בתחילת הרעידה. נזקים אופייניים בקירות הבני כתוצאה מעומס סיסמי כוללת סדקים אלכסוניים דו-כיווניים (עקב התחלפות כיוון ההעמסה), בהתנתקות לאורך מישקי הטיט ומעיכת הבלוק.

בנוסף להוצרות אלכסון לחוץ בבני, פעולת המסגרת המוקשחת מותנית גם בשלמות מסגרת הבטון המקיפה את הקיר. כפי שניתן לראות בתרשים 6.1, האלכסון מפעיל כוח גזירה על העמוד והקורה בצומת. העמוד שלרוב הוא בעל מידות קטנות יחסית בקירות מסוג זה וחישוקים מרווחים עלול להכשל בגזירה. כשל של המסגרת המוקשחת המקיפה את קיר הבני מובילה כמעט מיידית לכשל הקיר כולו.



תרשים 6.1 התפתחות פעולת מסגרת מוקשחת ונזקים מסגרות בטון עם קירות בני.

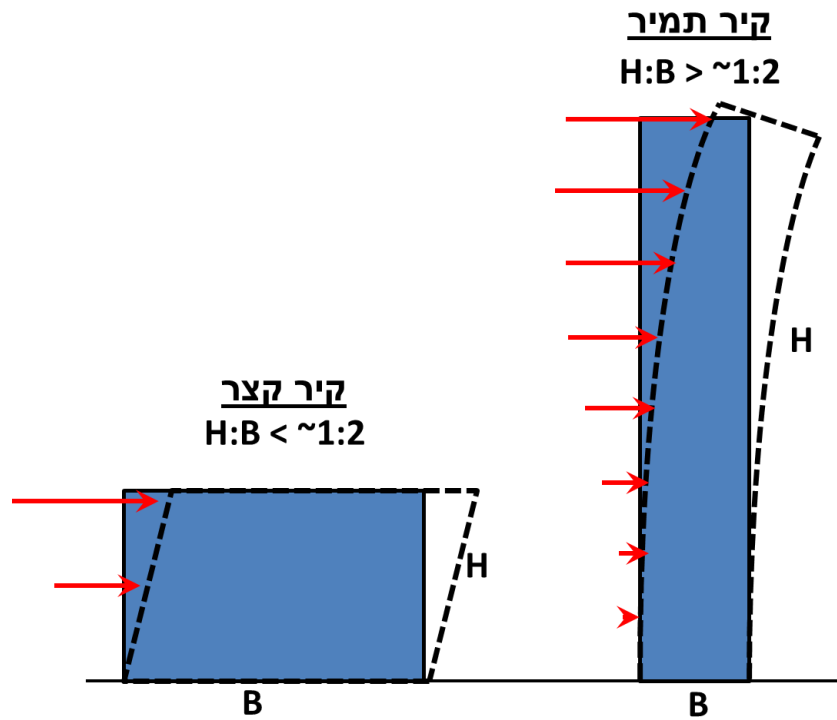
קירות וגרעיני הקשחה : הם האלמנטים אלה יצוקים באתר, ועשויים להיות קירות נושאים או לא נושאים. קירות ההקשחה עשויים להיות בעלי חתך מלא או קירות משולבים (עם פתחים), כאשר המשקופים משמשים כאלמנט חיבור בין שני חלקי הקיר.

לצורך סקירה יעילה של קירות הקשחה לאחר רעידת אדמה חשוב לדעת מהן ההטרחות הדומיננטיות בקיר (גזירה או כפיפה). כפיפה עשויה להיות מנגנון כשל משיך (בתלות בפרטי הזיון) בעוד שגזירה היא במרבית המקרים מנגנון פריך. הפרמטר הגיאומטרי העיקרי המבדיל בין דפורמציה אופיינית בכפיפה לבין דפורמציה אופיינית בגזירה הוא היחס בין אורך לרוחב האלמנט במישור הפעולה (aspect ratio). אלמנטים תמימים מתכופפים בעוד שאלמנטים קצרים עוברים דפורמציה גזירה. למעשה, אין גבול ברור בין השניים, אך השפעת הגזירה גדולה יותר ככל שהיחס קרוב יותר ל-1.

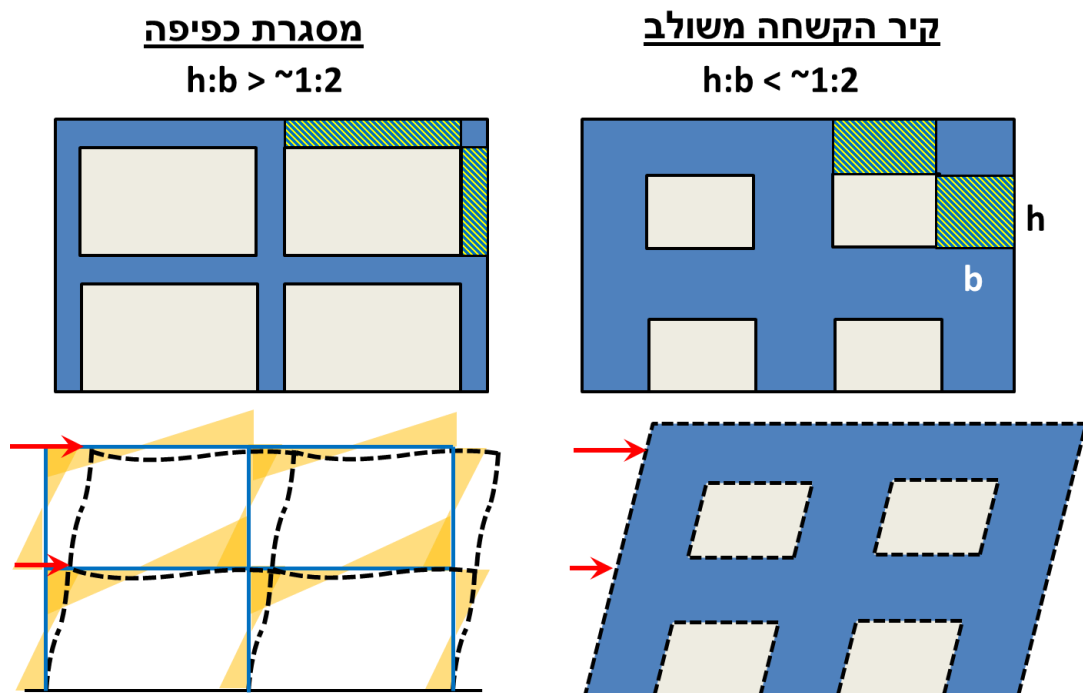
דפורמציה אופיינית של קירות בחתך מלא מתוארת באופן סכמתי באיור 6.2. היחס המפריד בין קיר קצר לתמיר נקבע באיור 6.2 כ-1:2 באופן שרירותי, ונועד לצורך המחשה בלבד. בקירות תמימים יחסית ההטרחות הדומיננטיות (כוחות פנימיים) הן כפיפה וגזירה - וניתן לצפות לנזקים בשני האופנים - לפי תסבולת הקיר בכפיפה ובגזירה. לעומת זאת בקירות קצרים ההטרחה הדומיננטית היא גזירה - ובמרבית המקרים הם יינזקו/יכשלו בגזירה.

קירות הקשחה משולבים (עם פתחים) עשויים להתנהג כקיר או כמסגרת כפיפה (moment frame) - לפי יחסי המידות של המשקופים והעמודים במסגרת - כמתואר באופן סכמתי באיור 6.3. גם כאן אלמנטים תמימים (בעלי יחס מידות של 1:2 ויותר) יתכופפו עם הטרחות כפיפה וגזירה בעוד אלמנטים קצרים יקבלו דפורמציות גזירה עם הטרחה דומיננטית ונזקים בגזירה.

גם קירות חיצוניים עשויים לשמש כקירות הקשחה. מבנים עם קירות הקשחה מבטון מזוין עשויה להיות תסבולת טובה לכוחות אופקיים מרעידות אדמה כולל הסטות קומתיות קטנות (יחסית למבני מסגרות כפיפות לדוגמה). שיטת הביצוע המקובלת של הקירות היא יציקת הקיר עד תחתית התקרה, לאחר מכן יציקת התקרה, המשך יציקת הקיר מעל התקרה וחוזר חלילה. בשיטת הטונלים (תבניות מפלדה בגובה קומה) הקירות והתקרות בכל קומה נוצקות יחד. לפיכך, איכות המחבר (תפר עבודה) בין הקיר לתקרה הוא בעל חשיבות בהעברת הכוחות האופקיים מהתקרות לקירות ובתסבולת הקיר. מיקום הקירות וגודלם עשויים להשפיע על גודל דפורמציה הפיתול במבנה המהווה לרוב תגובה לא רצויה המגדילה את ההסטות הקומתיות והכוחות בעיקר בהיקף המבנה. בקירות הקשחה משיכים הבנויים לאחר 1995 יהיו בדרך כלל פרטי זיון התורמים למשיכות הקיר ולעמידותו בכוחות אופקיים. מבנה בטון מזוין עם פרטי זיון משיכים סופג את אנרגיית הרעידה על ידי דפורמציות פלסטיות המלוות בסדיקה של הבטון, אך במידה והנזקים עקב כך לא יהיו גדולים המבנה יעמוד ככל הנראה ברעידת משנה בצורה טובה.



תרשים 6.2 דפורמציה טיפוסית בקירות הקשחה בחתך מלא: קיר תמיר לעומת קיר קצר.



תרשים 6.3 דפורמציה טיפוסית בקיר הקשחה משולב לעומת מסגרת כפיפה.

6.3. הערכת מבנים מבטון מזוין

מבני בטון עשויים להיות קשים יותר להערכה מאשר סוגי בניה אחרים (לדוגמה: פלדה) מאחר ובמקרים רבים עמודים, קורות וקירות במבני מגורים, מבני ציבור וכד' מחופים באלמנטים אדריכליים. גם אם השלד אינו חשוף, יש לזכור שנזקים באלמנטי שלד נגרמים בעיקר מהסטה קומתית, והסטה זאת גורמת לנזקים גם באלמנטי חיפוי שהם לרוב פריכים יותר. כלומר, אם ישנם נזקים באלמנטי חיפוי – יתכנו נזקים גם בשלד (נסתר), אך אם אלמנטי החיפוי שלמים – ככל הנראה אלמנטי השלד הנסתרים לא נכשלו. במידה והאלמנטים חשופים ומאפשרים סקירה ויזואלית, אלמנט מבטון מזוין ניזוק ניתן לראות בקלות סדקים, התקלפות וצורות כשל אחרות.

על מנת לבצע הערכת בטיחות נכונה למבנה, חשוב ביותר לזהות את סוג המערכת הקונסטרוקטיבית (מערכת נושאת ומערכת ההקשחה) ולסקור את המקומות בהם נוטים להתרחש נזקים כתוצאה מרעידת אדמה.

רשימת ביקורת של מבנים מבטון מזוין: איזורים מועדים לנזקים במבני בטון מזוין לפי סוג מערכת ההקשחה מתוארים באופן גרפי בתרשימים 6.4 ו-6.5 עבור מסגרות עם מלוי קירות בני וקירות הקשחה, בהתאמה.

דרגות חומרת נזק: דירוג של חומרת הנזק (Damage Rank) לחמש קטגוריות נתון במדריך להערכת נזקים במבני בטון מזוין עקב רעידות אדמה [T. Kaminosono et. al., 2002] שפורסם על ידי ממשלת יפן ומבוסס על לקחים מרעידת האדמה 1999 Kocaeli בתורכיה, כדלקמן:

I. נזק זניח (Slight)

II. נזק קל (Light)

III. נזק בינוני (Medium)

IV. נזק כבד (Heavy)

V. כשל (Collapse)

במבנים מבטון רמת הנזקים ברכיבים של מערכת ההקשחה גדלה עם הגדלה בהסטה הבין קומתית. במקביל להגדלה ברמת הנזקים ישנה ירידה הדרגתית בקשיחות המבנה עד להרס. ניתן לסווג את חומרת הנזקים למערכת ההקשחה במבנים מבטון מזוין לפי אופי הנזק ברכיבים ורוחב הסדקים. מנגנוני כשל באלמנטים מבטון מזוין מתחלקים לשני סוגים טיפוסיים:

- **מנגנון כשל משיך:** כשל בכפיפה תוך התפתחות פרק פלסטי, המאופיין בנזילה של פלדת הזיון לפני מערכת הבטון הלחוף (ודורש פרטי זיון משיכים). כשל מסוג זה הוא אופן הכשל הרצוי המאופיין במשיכות גדולה (כלומר סיבוב גדול של הפרק הפלסטי לפני כשל) ובספיגת אנרגיה גדולה בעמיסה סיסמית מחזורית, כלומר יכולת לעמוד במספר מחזורי עומס גדול עד לכשל.

- **מנגנון כשל פריץ:** כשל בגזירה, חדירה, לחיצה צירית (אפשרי גם בכפיפה עם פרטי זיון לא משיכים) המאופיין במערכת הבטון המתרחשת לפני נזילה של פלדת הזיון. כשל מסוג זה הוא אופן כשל לא רצוי, המאופיין במשיכות קטנה וירידה חדה ופתאומית (ללא התראה) בחוזק עד כשל מלא. ספיגת האנרגיה במנגנון זה היא קטנה, כלומר כשל לאחר מספר מחזורים קטן.

תגובת הרכיב לעומס עד להרס מתוארת באמצעות עקום של האמצה (כוח מוכלל שיכול להיות מומנט או כוח גזירה) כנגד הסטה בין קומתית (הזזה) הידוע גם בשם "אנליזת דחיפה" (Pushover Analysis). עקום תגובה משיך מתואר בתרשים 6.6 (לדוגמה הרס בכפיפה של קיר הקשחה משיך או מסגרת כפיפה משיכה) ועקום תגובה פריץ מתואר בתרשים 6.7 (לדוגמה כשל בגזירה של קיר הקשחה מבטון מזוין או קיר מסגרת עם מלוי קיר בני, או כשל בחדירה). דרגות חומרת הנזק I-V מצוינות תחומים על גבי העקומים ומקושרות להתנהגות הבטון ופלדת הזיון בחתך. נזק זניח בדרגה I מתחיל עם סדיקת הבטון בחתך, נזק כבד ברמה IV מציין את מערכת

הבטון וכשל V מתרחש כאשר בטון הליבה נמעך ומוטות הזיון קורסים. דרגות הביניים II (נזק קל) ו-III (נזק בינוני) מציינים נזילת מוטות הזיון ללא מעיכת בטון במנגנון משיך.

חומרת הנזק ברכיבים מבטון מזוין קשורה גם **לתסבולת השיורית** (Residual Strength Capacity) האופקית והאנכית של הרכיב. **התסבולת האנכית השיורית** מציינת את היכולת של הרכיב שניזוק לשאת בעומס הכבידה (משקל עצמי ועומס שימושי) שפועל עליו, בעוד **התסבולת האופקית השיורית** מציינת למעשה את יכולת ספיגת האנרגיה היחסית שנותרה ברכיב ביחס לרכיב שלא ניזוק. התסבולת השיורית האנכית והאופקית מצוינת בעקומים הנ"ל. כפי שניתן לראות בתרשים 6.7 הרס פריך גורם לירידה חדה בתסבולת השיורית לאחר רמת נזק בינונית (III) בעוד שבנזק משיך (תרשים 6.6) עדיין ישנה תסבולת שיורית. יצוין כי שני מנגנוני הרס שונים **באותו רכיב** עשויים להיות בעלי אופי שונה. לדוגמה: בקיר הקשחה משיך, כשל בכפיפה יהיה כשל משיך בעוד כשל בגזירה יהיה כשל פריך. ניתן עוד לראות כי עד חומרת נזק בינונית למבנה נותרה תסבולת שיורית הן אופקית (רכיב נושא) והן אנכית (רכיב הקשחה). בשני אופני ההרס ברמות נזק גבוהות (כבד ומעלה) הרכיב מאבד את התסבולת השיורית או חלקה הגדול והוא עלול להכשל ברעידה חוזרת. התסבולת השיורית האופקית בעמודים וקירות הקשחה בדרגות חומרת נזק שונות **בגזירה** מתוארות בטבלה 6.1. כפי שניתן לראות מהטבלה, ישנה **ירידה חדה מאוד בתסבולת השיורית האופקית עם הגדלת חומרת הנזק**: 0.95 בנזק זניח, 0.60 בנזק קל ו-0.30 בנזק בינוני. מעבר לכך, התסבולת האופקית השיורית יורדת ל-0. ירידה חדה זאת נובעת מהאופי הפריך של הכשל בגזירה.

זיהוי רמות נזק רמת הנזק באלמנט בטון מזוין קשורה לכיוון ורוחב סדקים, התקלפות בטון, מעיכת בטון, קריסת מוטות זיון ונזקים אחרים הניתנים לזיהוי ולמדידה באלמנט. כיוון הסדקים הוא מאפיין חשוב של אופן הכשל:

- סדקים אלכסוניים – נובעים מגזירה;
 - סדקים ניצבים לציר האלמנט (אופקיים בעמוד ואנכיים בקורה) – נובעים מכפיפה, הצטמקות או שינוי טמפרטורה;
 - סדקים מקבילים לציר האלמנט (אנכיים בעמוד) - לרוב נובעים משיתוך (קורוזיה) בזיון.
- תיאור של סדקי כפיפה וגזירה אופייניים בעמודים וקירות – ראה תרשים 6.8. מבין אופני הכשל הנ"ל, **הגזירה היא המסוכנת ביותר** מאחר והיא מהווה מנגנון כשל פריך. נזקים קלים עד בינוניים בכפיפה (במנגנון משיך) הם לרוב פחות משמעותיים – בתנאי שהם מתבטאים בנזילה בזיון (סדקים) ללא נזק משמעותי או כשל של הבטון (כלומר עם התקלפות מוגבלת של בטון הכיסוי אך ללא מעיכה). סדקים או קילוף מוגבל של בטון כיסוי כתוצאה משיתוך זיון בעמודים או פינות של קורות החשופים לרטיבות הם בדרך כלל לא משמעותיים אלא אם כן קילוף הבטון הוא נרחב וההקטנה בקוטר מוטות הזיון היא גדולה.

זיהוי דרגות חומרת הנזק בגזירה באלמנטים שונים מבטון מזוין לפי אופי הנזק ורוחב הסדקים מבוצעת בהתאם למפורט בטבלה 6.2, ובצורה גרפית בתרשימים 6.13-6.9, עבור עמודים, קירות, צמתי קורה-עמוד וקורות. דרגת חומרת הנזק באלמנט מבני ראשי, בכפוף לשיקולים הנדסיים אחרים (לדוגמה: דרגת היתירות של מערכת ההקשחה, תסבולת שיורית אופקית ואנכית) הם כלי חיוני להערכת רמת הסיכון וסיווג רציונלי של המבנה במיון מפורט.

קיום מנחים לסיווג "מבנה מסוכן" במבנים ורכיבים מבטון מזוין נתונים להלן. השימוש בקווים המנחים חייב להיות מושכל, כלומר נדרשת הפעלת **שיקול דעת** של הסוקרים. נזק כבד או כשל באלמנט קונסטרוקטיבי ראשי יחייבו לרוב סווג "מבנה מסוכן". יתכנו מקרים בהם כשל בינוני אינו מחייב סיווג "מבנה מסוכן", וניתן להשתמש בסיווג פחות מחמיר, כלומר "מוגבל בשימוש" או "אזור מסוכן".

זכור! יתכנו גורמי סיכון אחרים מהגורמים המצוינים להלן.

6.3.1. רמת נזק כללי

בצע סקירה ויזואלית חיצונית של כל חזיתות המבנה למציאת סימני נזק, כולל התמוטטות חלקית, נטייה של קומה או של המבנה בכללותו, או התקלפות בטון בשטחים גדולים ונזקים לקירות, עמודים וקורות.

- התמוטטות מלאה או חלקית....."מבנה מסוכן"
- נטייה נראית לעין מהאנך של קומה או המבנה כולו....."מבנה מסוכן"

6.3.2. תקורות וקורות

בדוק תקורות וקורות לאפשרות של איבוד השענה אנכית ולנזק כבד אחר (תרשים 6.12).

- הפרדה מסמך אנכי....."מבנה מסוכן"
- כשל או נזק כבד של אלמנט נושא או מחבר....."מבנה מסוכן"

6.3.3. תקורות ללא קורות

תקורות מקשיות ללא קורות הן נפוצות, במיוחד במני מגדלים רבי קומות. על מנת להקטין את עובי התקורות ככל האפשר, לעתים התקורות יהיו דרוכות בדריכת אחר על ידי מערכת גדילים לא מדוייסיים (Unbonded) בשני הכוונים. בתקורות מקשיות ללא קורות הנשענות על עמודים ללא עבוי תקרה (Drop Panel) או כותרת עמוד (תרשים 6.14) עלול להתרחש כשל בחדירה של העמוד לתוך התקרה (תרשים 6.15). אותה תופעה, אם כי במידה פחותה, עלולה להתרחש בתקרת ערוגות ללא קורות. כשל בחדירה מהווה סיכון גלובאלי חמור לכל המבנה, מאחר והעברת עומס לעמודים שכנים עלולה לגרום לכשל בשרשרת (אפקט דומינו). סכנת החדירה בתקורות שטוחות מתגברת כאשר ישנה הסטה קומתית עקב אי קשיחות מספקת ונזקים במערכת ההקשחה.

- תקורות עם סדקי גזירה או כשל בחדירה באזור העמוד....."מבנה מסוכן"

6.3.4. מסגרות עם קירות בני

יש לבדוק את קירות הבני החיצוניים, בחדרי המדרגות וכל קיר אחר בעובי 200 מ"מ לפחות. הנזקים הנפוצים הם כשל בלחיצה (מעיקה) של קיר הבני ; סדיקה אלכסונית בקיר ; וסדקים המתפשטים מהקיר אל מסגרת הבטון במיוחד באזורי הפינות. בנוסף יש לבדוק אם יש בלוקים "חופשיים" (שאיבדו את ההדבקות לטיט בכל היקפם) העלולים להוות סכנת נפילה. במקרים רבים קשה לזהות קירות בני, במיוחד בחדרי מדרגות בהם לא ברור אם הקיר הוא מבטון או קיר בני, בגלל שכבת הטיח. במקרים אלה אפשר להעזר בהקשה בפטיש על הקיר שיוצרת צליל "חלול" יותר מאשר הקשה על קיר בטון, או בסדיקה מדורגת בטיח.

- קירות עם כשל משמעותי בלחיצה (מעיקה) של בלוקי המילוי או של הטיט....."מבנה מסוכן"
- קירות עם סדקים אלכסוניים, מדורגים או סדקי הפרדה אנכיים ברוחב 2 מ"מ ויותר....."מבנה מסוכן"
- או "מוגבל בשימוש"
- סדקים בקיר ברוחב 2 מ"מ ויותר המתפשטים למסגרת הבטון....."מבנה מסוכן"

6.3.5. קומת עמודים מפולשת

קומות עמודים מפולשות מהוות אי סדירות אנכית משמעותית במבנה, בהיותן קומה גמישה וחלשה בקומת הקרקע בה כח הגזירה הקומתי מכסימלי. הנטיה מהאנך העלולה להתפתח גדולה. בנוסף על כך, ההסטה גדלה עוד יותר עקב פיתול הנובע ממיקום אקסצנטרי של חדר מדרגות/מעלית או מקלט. במקרים רבים ישנן קירות בנויים בחלק מהגובה של העמודים (לדוגמה, במסתורי אשפה) היוצרים חלק עמוד עליון קצר הרגיש לכשל בגזירה עקב קשיחות אופקית גדולה יחסית לשאר העמודים בקומה. הכשל האופייני בקומת עמודים מפולשת הוא

הסטה גדולה המלווה בהתפתחות מפרקים בראשי העמודים ו/או בבסיסים (תרשים 6.10) עקב פעולת מסגרת וכשל בגזירה של קירות בני, העלול להוביל להסטה גדולה ולהתמוטטות הבניין עקב אפקט $P-\delta$. המחשה של מנגנוני כשל שונים בקירות ועמודים בקומה מפולשת נתונה בתרשימים 6.17 ו-6.18.

- נטיה נראית לעין מהאנך של הקומה (כ- 2° או 1-אופקי ל-30-אנכי או יותר).... "מבנה מסוכן"
- נזק כבד או כשל בראשי עמודים נושאים או בבסיסים (תרשימים 6.9, 6.10, 6.13).....
- "מבנה מסוכן"
- נזק כבד או כשל בקירות הקשחה (תרשימים 6.9, 6.10)..... "מבנה מסוכן"
- נזק כבד או כשל של קירות ממסגרות בטון עם מלוי קירות בני (סעיף 6.3.4).... "מבנה מסוכן"

6.3.6. לוחות אופקיים (דיאפרגמות)

האיזורים המועדים לנזק הם המישקים בין התקרה לקירות, סביב פתחים גדולים או אזורים של אי סדירות במתווה אופקי. במישק בין תקרה לקיר עלול להווצר נזק או כשל של המחבר המקטין את היכולת להעביר כוחות גזירה בין התקרה לקיר. שבר בתקרה עלול להווצר בפינות של פתחים גדולים או שינויים בקשיחות באזור לא סדיר.

- כשל של מישק תקרה-קיר..... "מבנה מסוכן"
- לוח שבור או בעל נזק משמעותי אחר..... "מבנה מסוכן"

6.3.7. קירות הקשחה מלאים

בקירות הקשחה מלאים (ללא פתחים), כולל קירות ללא פתחים של גרעיני הקשחה, יש לבדוק שלושה אזורים: שטח הקיר בין התקרות; שפות אנכיות בקצות הקיר; ותפרי העבודה, שלרוב נמצאים בכל קומה. כשל של כל אחד מאזורים אלה עלול לגרום לכשל הקיר כולו.

- כשל, נזק כבד או בינוני בסדקי גזירה אלכסוניים בין קומות (תרשים 6.9)..... "מבנה מסוכן" או "מוגבל בשימוש"
- נזק כבד או כשל בתחתית הקיר (תרשים 6.13)..... "מבנה מסוכן"
- התקלפות בטון משמעותית וחשיפת כלוב הזיון בשפה אנכית של הקיר..... "מבנה מסוכן"
- כשל בהחלקה של 2 מ"מ ויותר בתפר עבודה בין קיר לתקרה..... "מבנה מסוכן"

6.3.8. קירות הקשחה משולבים (עם פתחים)

בנוסף לנזקים שתוארו לעיל עבור קירות הקשחה מלאים, יש לבדוק קיר הקשחה משולב לנזקים הנובעים מהקטנה בחתך (כלומר הקירות הצידיים) ופעולת קורות הקשר (המשקופים) בין הקירות הצידיים. כאשר חתך הקיר מוקטן על ידי שורה של פתחים, הקירות מצידי רצועת הפתחים מקבלים את כל כח הגזירה בקיר. קירות אלה יבדקו לפי אותם קריטריונים של קירות מלאים (6.3.5).

קורות קשר בין הקירות המשולבים ניזוקים לעתים קרובות ברעידת אדמה. יש לבדוק אותם לנוכחות התקלפות בטון וסדיקה נרחבת (לרוב אלכסונית) המעידה על כשל (תרשים 6.12). יש להתייחס לקירות הקשחה גדולים עם פתחים מרובים כקיר אחד, ותרשים של הקיר עם מיפוי סדקים וכשלים אחרים, כמתואר לדוגמה בתרשים 6.16, יאפשר להבין טוב יותר את השלכות הסדיקה על התסבולת השיורית של הקיר ותפקודו הצפוי ברעידה עוקבת.

- נזק כבד או כשל בשני הקירות הצידיים של קיר משולב..... "מבנה מסוכן"
- נזק כבד או כשל במספר קורות קשר של קיר הקשחה משולב..... "מבנה מסוכן"
- נזק בינוני במספר קירות הקשחה משולבים בקומה אחת..... "מבנה מסוכן"

6.3.9. יסודות

בנינים רבי קומות עם מספר קומות מרתף (המשמשים כחניון ומחסנים) הם נפוצים. הקיר ההיקפי של המרתף משמש כקיר תומך בעל השענה אפקית במפלסי התקרות, ונושא בעומס האופקי של הקרקע. יש לבדוק האם הקיר ההיקפי קיבל הקשתה אנכית ("בטן" הנובעת מדפורמציה אופקית גדולה) עקב לחצי קרקע מוגדלים. בנוסף יש לבדוק את רצפת המרתף התחתון לסימנים של כשל של הביסוס או נזקים הנובעים משקיעה הבדלית (דיפרנציאלית) של היסודות.

- הקשתה אנכית של קירות היקפיים של המרתף "מבנה מסוכן"
- ביסוס שבור או סדוק באופן משמעותי "מבנה מסוכן"

6.3.10. גורמי סיכון אחרים

ראה פרק 9 לגבי הערכת בטיחות של אלמנטי חיפוי, מחיצות וגורמי סיכון לא מבניים אחרים.

6.4. מבנים עם אלמנטים טרומיים

מרבית הבניינים הנבנים בישראל בשיטה מתועשת (בניה טרומית חלקית) משלבים אלמנטי בטון יצוק באתר (גרעיני הקשחה, עמודים, קורות וטופינג) רכיבים טרומיים (קורות טרומיות; חזיתות טרומיות, כרכובים ואלמנטי חיפוי שונים, תקרות לוח"דים וכדומה). רכיבים טרומיים עשויים להמצא גם במבנים אחרים כגון מבני חניון בעלי קומה אחת או יותר. המחברים של אלמנטים אלה עשויים לכלול פרטי פלדה מרותכים או מוברגים (לדוגמה: חיבור קיר חזית לתקרה) או חגורות בטון יצוק באתר (לדוגמה: בהיקף תקרת לוח"דים). עמודים, קירות הקשחה או פירי הקשחה טרומיים (בניה טרומית מלאה) הם בעייתיים מבחינת קבלת כוחות אופקיים, אך הם נדירים בישראל. שימוש בדריכה נפוץ באלמנטים אלה. לדוגמה: לוח"דים הם אלמנטים בדריכת קדם המתבצעת על ידי גדילים מודבקים (Bonded) בחלקו התחתון והעליון של האלמנט; קורות טרומיות דרוכות השענות על זיז קצר בעמוד). דריכת אחר באמצעות כבלים בעורקים מדויקים עשויה גם לשמש לחיבור מספר אלמנטים טרומיים (לדוגמה: דריכה אורכית בגשרי מקטעים).

הכוחות האופקיים מתקבלים על ידי לוחות אופקיים יצוקים באתר (טופינג עם חגורות היקפיות) ומערכת של גרעינים וקירות הקשחה. האלמנטים העיקריים המועדים לכשל במערכות אלה הם אזורי ההשענה והמחברים. רוחב השענה לא מספק (לדוגמה השענה של לוח"דים ללא טופינג על קורות יצוקות באתר) או כשל של הלוח (דיאפרגמה) המלווה בדפורמציות אופקיות, עלול לגרום להחלקה ואף לאיבוד הסמך האנכי של האלמנט. סדקים באזור ההשענה של קורות (לדוגמה על זיז קצר) לאחר רעידת אדמה הם נפוצים. אלמנטים טרומיים שלא מהווים חלק ממערכת ההקשחה (לדוגמה: קירות מסך טרומיים) עשויים לקבל בזמן רעידה כוחות גדולים (במישור האלמנט) שעלולים להוביל להפרדה או נזק של מחבריהם.

רשימת ביקורת של מבנים עם רכיבים טרומיים: תרשים 6.19 מתאר נקודות קריטיות טיפוסיות לביקורת רכיבים טרומיים במבנים. הערכת רכיבים אלה תתבצע בדומה להערכה של רכיבים מבטון מזוין בתוספת עיקרית אחת: **המחברים והתושבות של האלמנטים הטרומיים מחייבים בדיקה פרטנית מדוקדקת.**

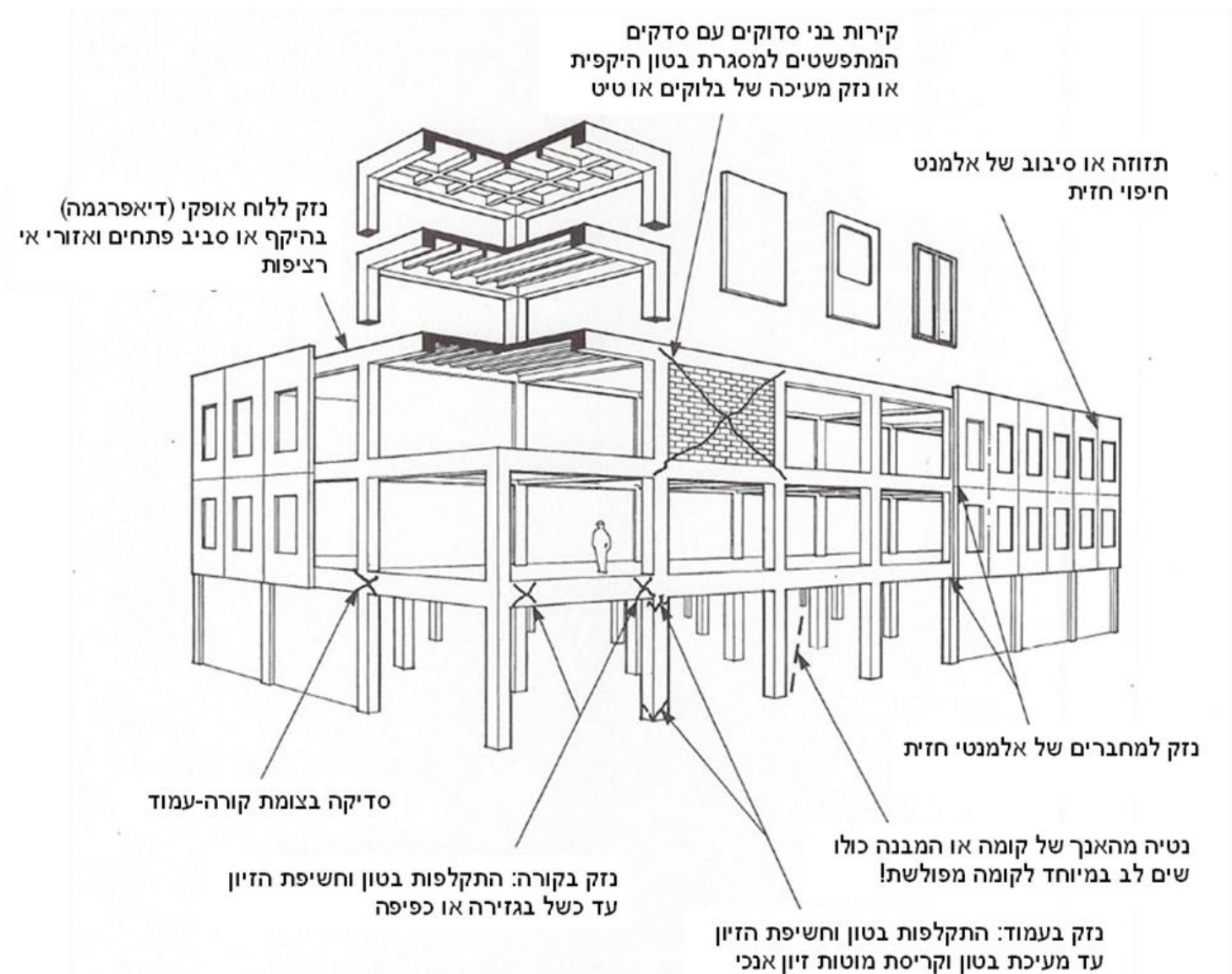
6.4.1. מחברים וסמכים

במבנים בהם קורות טרומיות נשענות על זיזים קצרים, בדוק האם ישנה סדיקה בזיז הקצר או בקצה הקורה הנשענת עליו (תרשים 6.17). **איבוד השענה אנכית של קורה מהווה גורם סיכון חמור ליציבות המבנה!** סדקים בזיז הקצר עשויים להגרם מכוחות מתיחה המועברים דרך הקורה, מומנט מוגדל עקב החלקת הקורה או הגדלה בריאקציה האנכית. הסדקים עלולים לגרום להקטנה בתסבולת הגזירה של הזיז, לכשל ואיבוד השענה. באופן כללי, יש לבחון את הסמכים של אלמנטים קונסטרוקטיביים עיקריים לסימנים של סדיקה משמעותית או שבר מחברים. יש לבחון את המחברים הן מהיבט של יציבות המבנה והן מהיבט של סכנת נפילה.

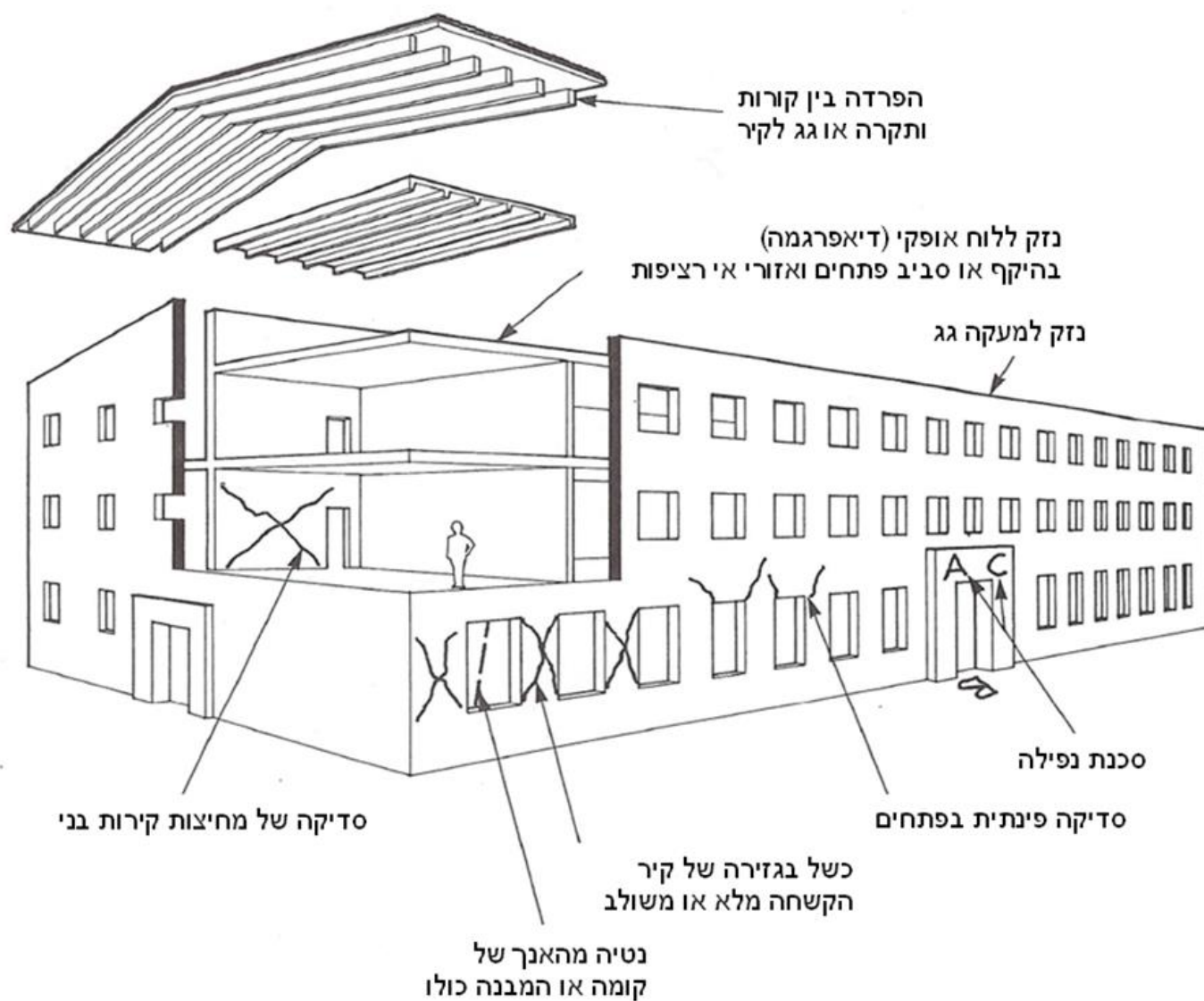
מחברים סדוקים או שבורים עשויים להעיד על הקטנה בתסבולת המערכת הנושאת, מערכת ההקשחה או שתיהן.

יש לבחון חגורות היקפיות של תקרות מאלמנטים טומיים (לוח"דים) המשמשות כדיאפרגמה אופקית לסימני קילוף בטון או סדקי מתיחה רחבים. אלה עשויים להעיד על כשל ברצועת המתיחה של התקרה עקב כפיפה במישורה.

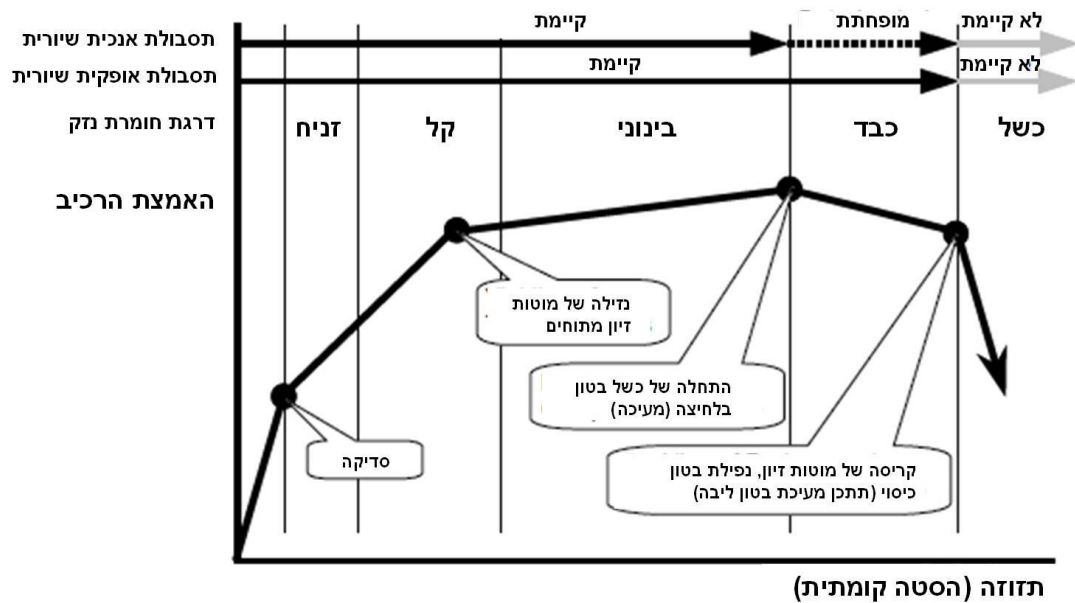
- כשל במחברים וסמכים של אלמנטים קונסטרוקטיביים ראשיים....."מבנה מסוכן"
- סדיקה בזיז קצר או אלמנט אחר המהווה סכנה לאיבוד השענה....."מבנה מסוכן"
- קילוף בטון נרחב בחגורות היקפיות....."מבנה מסוכן"



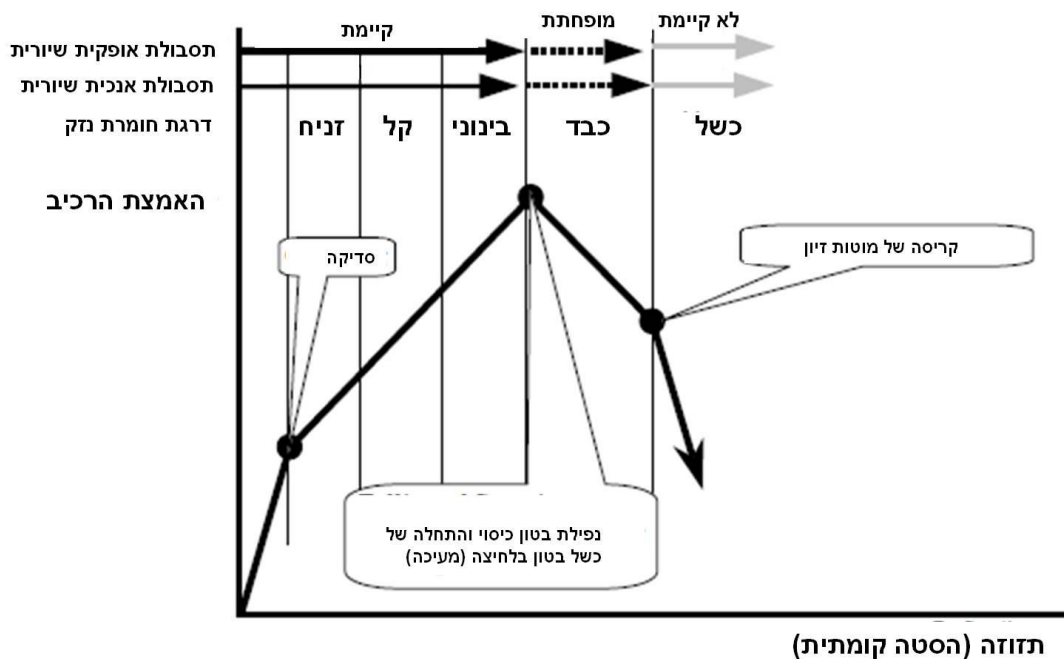
תרשים 6.4 רשימת ביקורת של אזורי מועדים לנוק עקב רעידת אדמה במבנים עם מערכת ההקשחה של מסגרות עם קירות בני. (לפי 1-20-ATC)



תרשים 6.5 רשימת ביקורת של אזורים מועדים לנזק עקב רעידת אדמה במבנים עם קירות הקשחה. (לפי 1-20-ATC)



תרשים 6.6 המחשת דרגות חומרת נזק במנגנוני הרס משיכים באלמנטים מבטון מזוין.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



תרשים 6.7 המחשת דרגות חומרת נזק במנגנוני הרס פריכים באלמנטים מבטון מזוין.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)

טבלה 6.1 תסבולת שיוורית אופקית של עמודים וקירות הקשחה מבטון מזוין עם נזקי גזירה בדרגות חומרת נזק שונות. (לפי T. Kaminosono et. al., 2002).

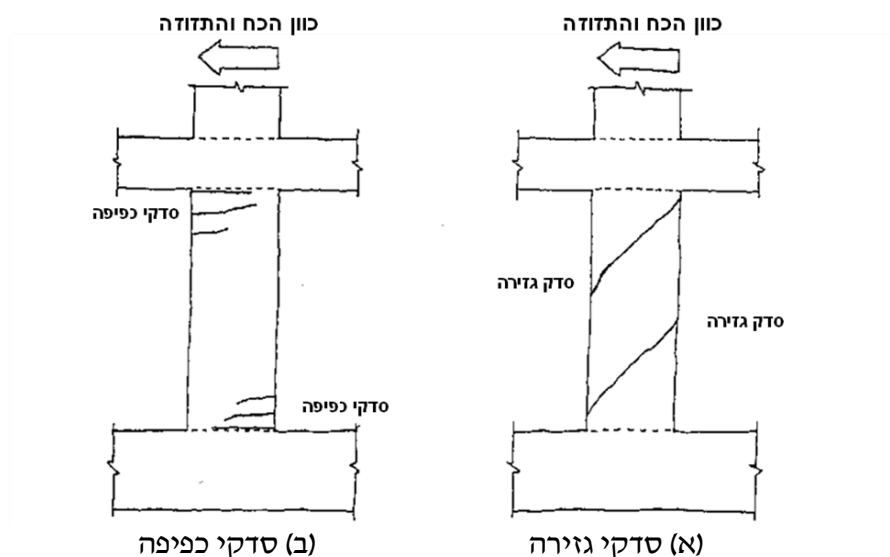
דרגת חומרת נזק	עמוד לא משיך	עמוד משיך	קיר הקשחה	קיר הקשחה עם אגפים	קיר הקשחה עם הרחבות קצה
I	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
II	0.60	0.75	0.60	0.60	0.60
III	0.30	0.50	0.30	0.30	0.30
IV	0	0.10	0	0	0
V	0	0	0	0	0

טבלה 6.2 הגדרה מפורטת של דרגות חומרת נזק באלמנטים קונסטרוקטיביים מבטון מזוין. (לפי T. Kaminosono et. al., 2002).

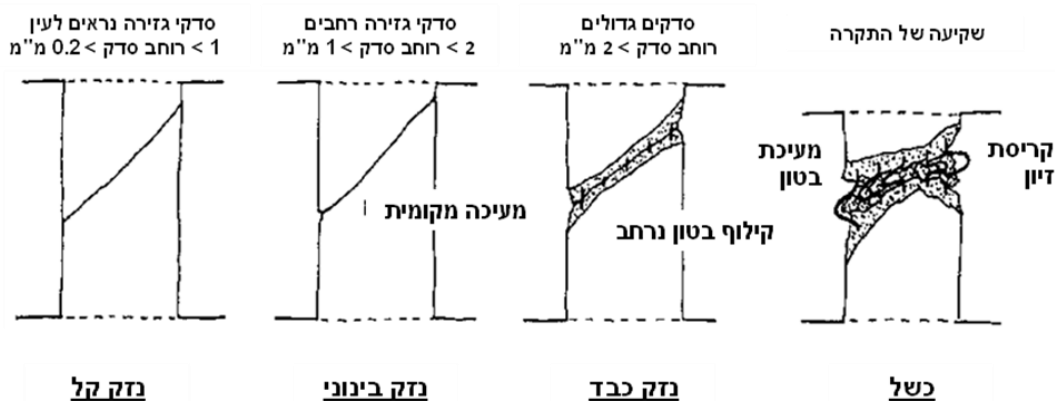
חומרת נזק	עמוד/קיר, תרשים 6.9 רוחב < 40 ס"מ	עמוד, תרשים 6.10 רוחב > 40 ס"מ	צומת קורה / עמוד תרשים 6.11	קורה תרשים 6.12
נזק זניח (דרגה I)	סדקי גזירה נימיים רוחב סדק > 0.2 מ"מ	ללא סדקי גזירה	ללא סדקי גזירה	סדקי גזירה נימיים רוחב סדק > 0.2 מ"מ
נזק קל (דרגה II)	סדקי גזירה נראים לעין > 0.2 רוחב סדק > 1 מ"מ	סדקי גזירה נימיים רוחב סדק > 0.2 מ"מ	ללא סדקי גזירה; קילוף בטון פינתי בעמוד	סדקי גזירה נראים לעין > 0.2 רוחב סדק > 1 מ"מ
נזק בינוני (דרגה III)	סדקים רחבים > 1 רוחב סדק > 2 מ"מ; תתכן מעיכה קלה של בטון הכסוי וחשיפת זיון קלה	סדקי גזירה נראים לעין ו/או סדקים רחבים > 0.2 רוחב סדק > 1 מ"מ	ללא סדקי גזירה; קילוף בטון הכסוי בצומת	סדקי גזירה רחבים עד רחבים מאד > 1 רוחב סדק > 5 מ"מ; תתכן התקלפות בטון מסיבית וחשיפת זיון עמוקה
נזק כבד (דרגה IV)	סדקים רחבים מאד 2 מ"מ > רוחב סדק; נראית התקלפות בטון מסיבית וחשיפת זיון עמוקה; ללא קריסת מוטות זיון	סדקים רחבים מאד 2 מ"מ > רוחב סדק; נראית התקלפות בטון מסיבית וחשיפת זיון עמוקה; ללא קריסת מוטות זיון	סדקי גזירה אלכסוניים עוברים דרך הצומת קילוף בטון הכסוי בצומת	סדקי גזירה רחבים מאד 5 מ"מ > רוחב סדק; נראית התקלפות בטון מסיבית וחשיפת זיון עמוקה
כשל מבני (דרגה V)	קריסה או שבר של מוטות זיון מעיקה של בטון ליבה שקיעה או נטיה מהאנך של הקומה	קריסה או שבר של מוטות זיון מעיקה של בטון ליבה שקיעה או נטיה מהאנך של הקומה	קריסה של מוטות זיון מעיקה של בטון ליבה תזוזה נראית לעין של הצומת	קריסה או שבר של מוטות זיון מעיקה של בטון ליבה שקיעה או נטיה מהאנך של הקומה

מקרים בהם הנזק זניח:

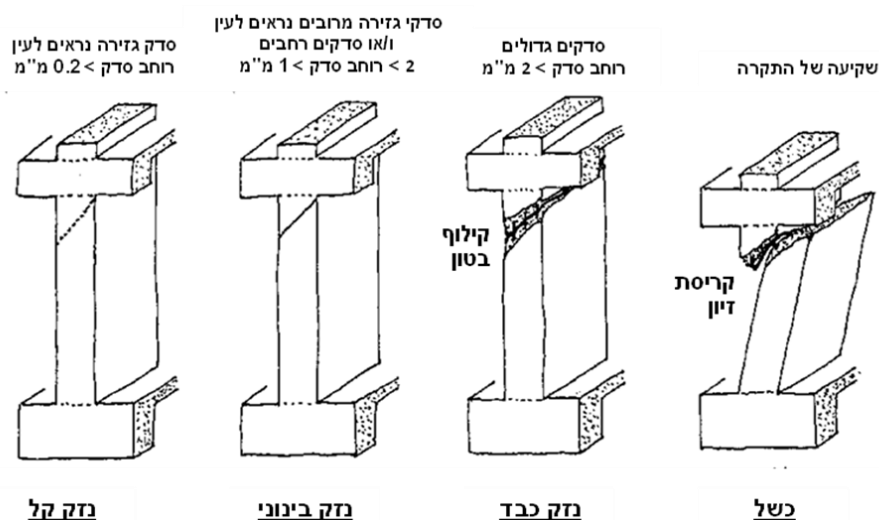
1. קילוף פינה וחשיפת זיון פינתי באלמנט קונסטרוקטיבי באורך קטן מ-20 ס"מ נחשב נזק זניח (תרשים 6.13).
2. סדקי אורך עד רוחב 0.2 מ"מ באורך של עד 20 ס"מ נחשבים כנזק זניח (תרשים 6.13).
3. סדקי כפיפה (תרשים 6.8 ב') נראים לעין עד רוחב 1 מ"מ נחשבים כנזק זניח.
3. סדקי הצטמקות נראים לעין עד רוחב 1 מ"מ נחשבים נזק זניח. לרוב מופיעים באלמנט שתוזתו מרוסנת כסדקים מקבילים במרווחים שווים בניצב לכיוון הריסון.



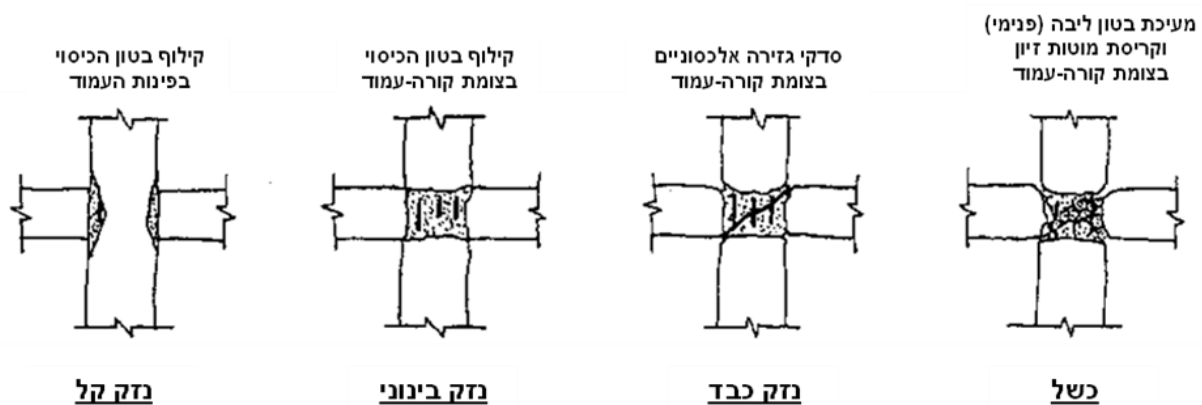
תרשים 6.8 סדקים טיפוסיים בעמודים וקירות מבטון מזוין כתוצאה מרעידת אדמה.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



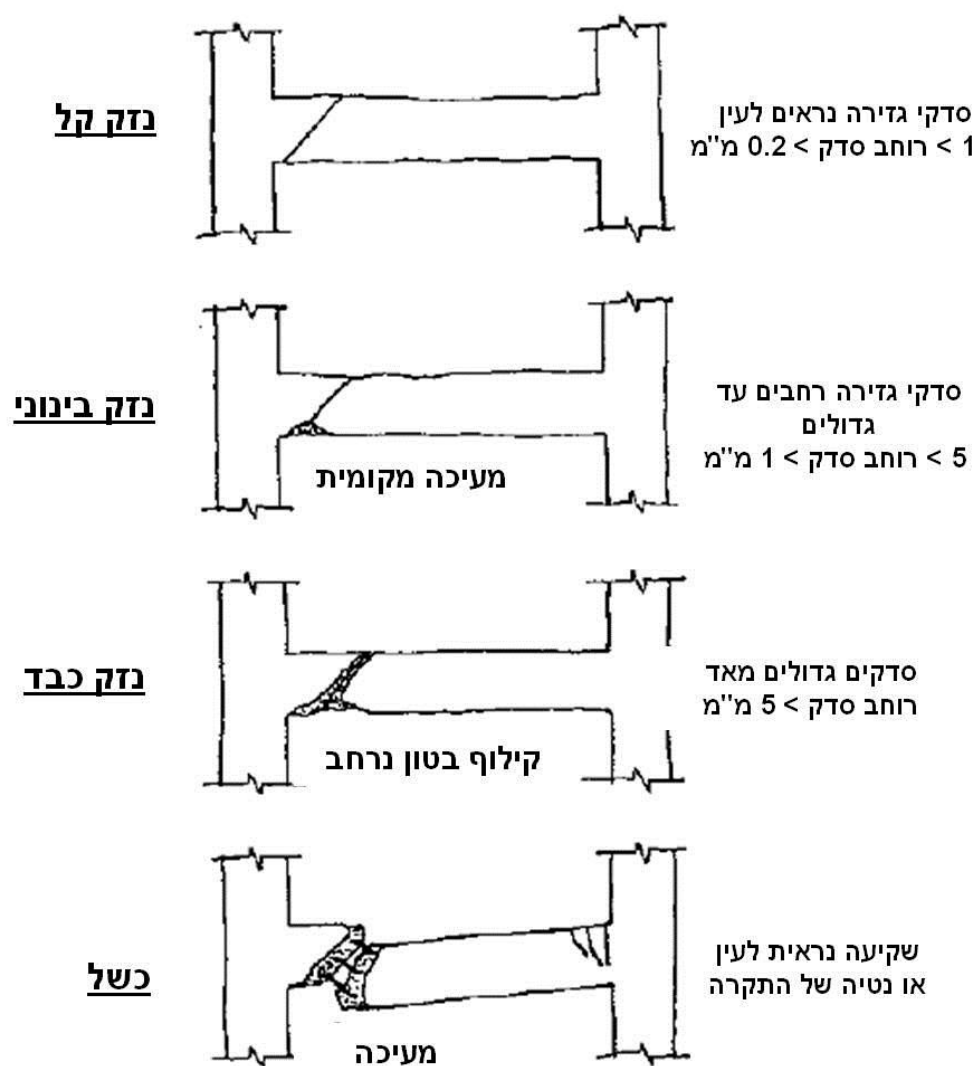
תרשים 6.9 דרגות חומרת נזק בקירות ועמודים מבטון מזוין, ברוחב גדול מ-40 ס"מ.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



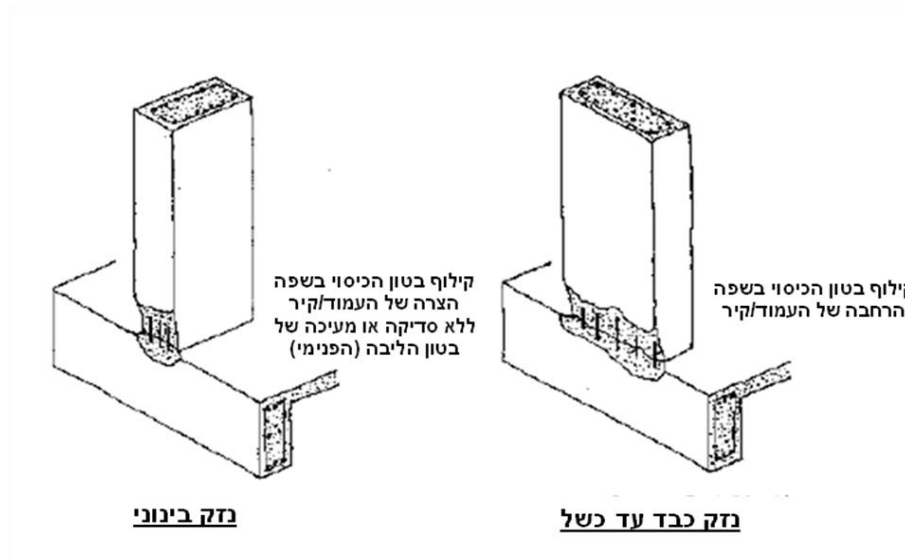
תרשים 6.10 דרגות חומרת נזק בקירות ועמודים מבטון מזוין ברוחב קטן מ-40 ס"מ.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



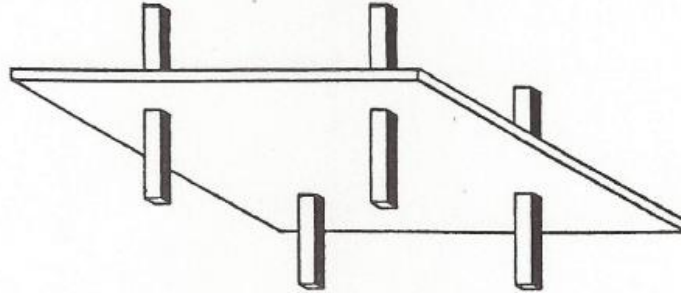
תרשים 6.11 דרגות חומרת נזק בצמתי קורה / עמוד מבטון מזוין.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



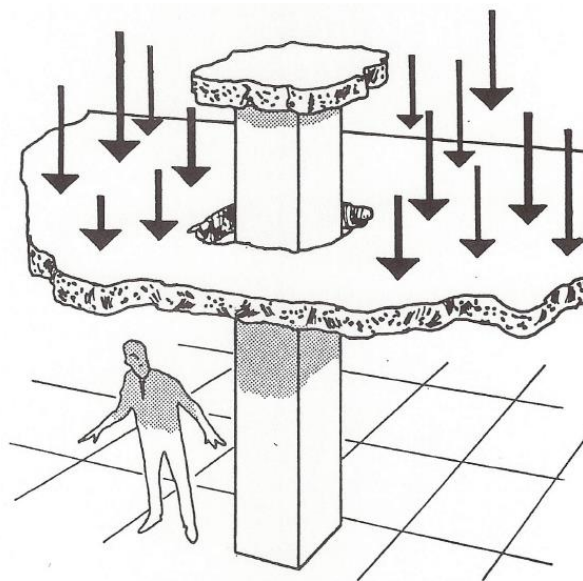
תרשים 6.12 דרגות חומרת נזק של קורות מבטון מזוין.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



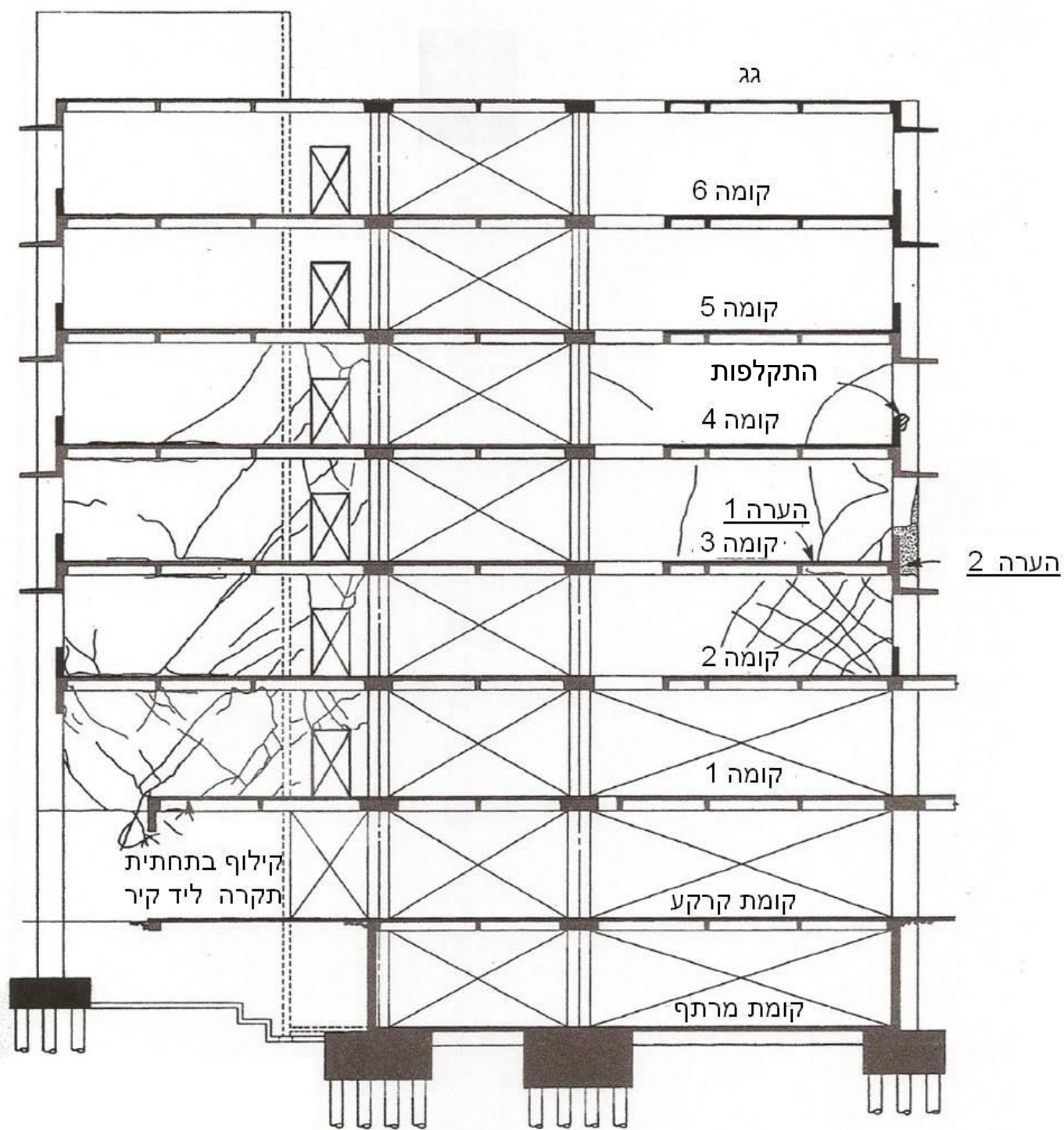
תרשים 6.13 דרגות חומרת נזק בתחתית עמודים וקירות מבטון מזוין.
(לפי T. Kaminosono et. al., 2002)



תרשים 6.14 תקרה ללא קורות ללא הרחבות או ראשי עמודים. (לפי ATC-20)



תרשים 6.15 כשל בחדירה של תקרה ללא קורות. כשל זה עלול להוביל להתמוטטות הבנין כולו בצורת פנקייק (תקרות נופלות אחת על השניה בערימה) עקב כשל בשרשרת. (לפי ATC-20)



1. הפרדה ברוחב 30 מ"מ בין קיר לתקרה.
2. בטון בקיר נמערך לחלוטין. זיון חשוף.

תרשים 6.16 הערכת מצב קיר הקשחה גדול קלה יותר על ידי סרטוט חזית של הקיר תוך ציון אזורי הסדיקה, קילוף, מעיכה וחשיפת הזיון. (לפי 1-20-ATC)



(א)



(ב)

תרשים 6.17 כשל של קירות בני בקומת עמודים מפולשת ברעידת האדמה 1999 Kocaeli בתורכייה (א) כשל בגזירה ובמערכה של קיר הבני עם סדקים הנמשכים לתוך עמוד הבטון התוחם, (ב) סדקים רחבים בפינות החלון, חגורת הבטון מעל ומתחת לחלון אינה נמשכת מעבר לפינות החלון. יש לציין גם את הסדקים בקצה התקרה שעשויים לציין נזק לדיאפרגמה.

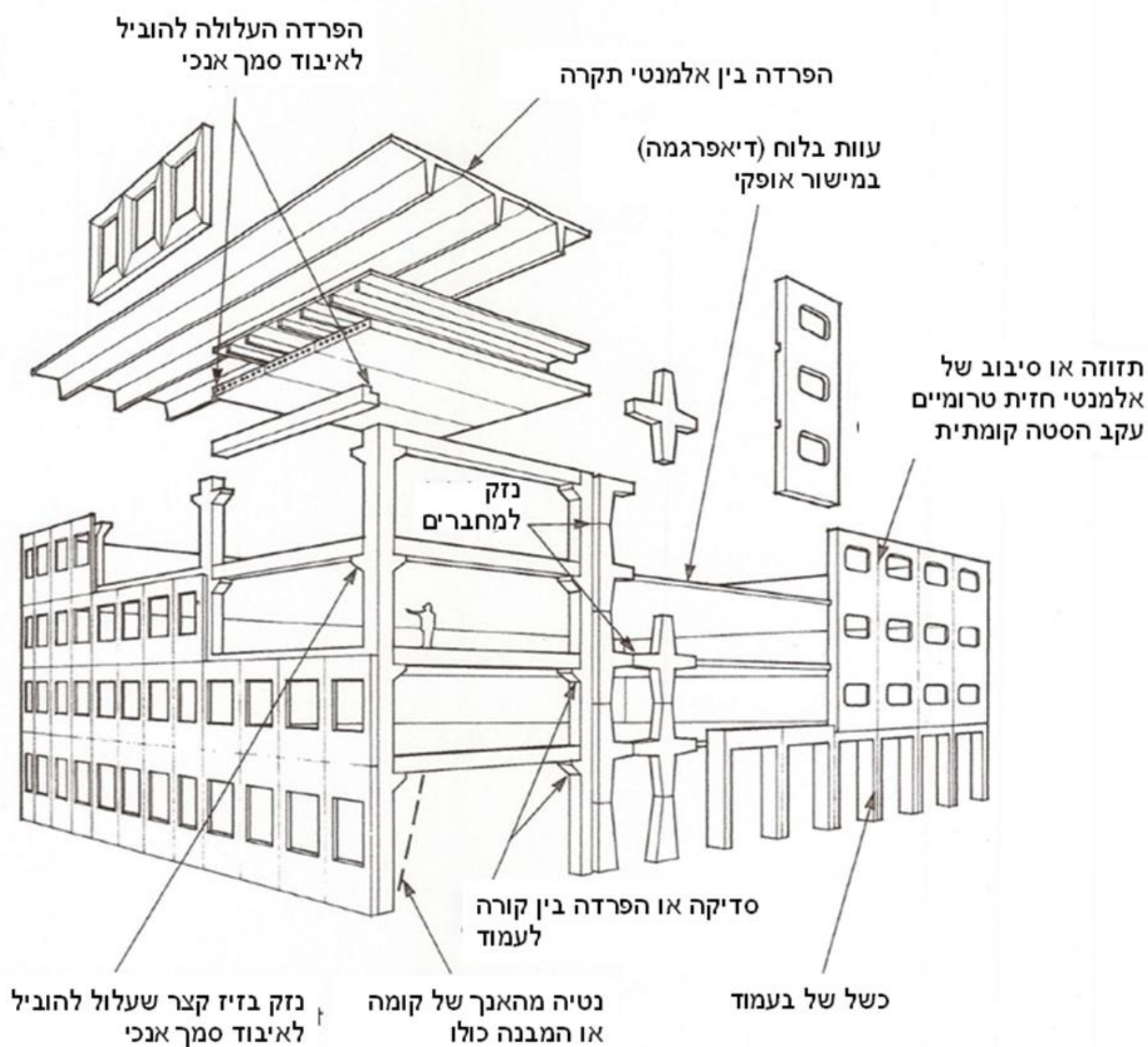


(א)



(ב)

תרשים 6.18 כשל עמודים נושאים בקומת עמודים מפולשת ברעידת האדמה 1999 Kocaeli בתורכיה (א) כשל בצומת קורה-עמוד במעיכה של בטון הליבה וקריסת מוטות הזיון (ב) של בקצוות עמודים במעיכה של בטון הליבה וקריסת מוטות הזיון וסדיקת גזירה בקורה וקיר בני.



תרשים 6.19 רשימת ביקורת של אזורים מועדים לנזק עקב רעידת אדמה במבנים עם אלמנטים טרומיים. (לפי 1-20-ATC)



(א)



(ב)

תרשים 6.20 כשל בהשענה של קורה על זיז קצר ברעידת האדמה Kocaeli 1999 בתורכיה (א) מבנה תעשייה בנוי בשיטה טרומית מלאה (ב) תקריב על סדק רחב מאד בקצה קורה טרומית והתקלפות בטון בקצה הזיז הקצר עלולים לגרום לאיבוד ההשענה של הקורה ולהתמוטטות חלק מהגג.

7. בקרת מבנים עם שלד פלדה

מבנים עם שלד פלדה כוללים מערכת נושא (כלומר קורות ועמודים) מפלדה הנושאים את רוב העומס האנכי. מערכת ההקשחה לכוחות אופקיים עשויה להיות מפלדה (אלכסוני הקשחה או מסגרות כפיפות), מבטון (גרעינים או קירות הקשחה), מקירות בני או משילוב שלהם.

בישראל, רוב מבני הפלדה הם מבנים לתעשייה ולחקלאות. סוגי המבנים הנפוצים יותר כוללים בין היתר מבני יצור ומחסנים ממסגרות פלדה חד-קומתיות (עם או בלי עגורנים), בדרך כלל עם פנלי קיר טרומיים וגג קל; מבנים רב קומתיים ממסגרות פלדה מוקשחות באלכסונים המשמשים בתעשייה הפטרוכימית, מגדלי יצור, תושבות למיכלים וכדומה; ומבנים קלים הכוללים סככות, לולים, מתבנים, חממות ועוד.

במבני ציבור ומבנים מסחריים הדורשים במקרים רבים מפתחים גדולים (איצטדיונים, קניונים, אולמות, מוזיאונים, סופרמרקטים וכדומה) הגג כולל לרוב שלד פלדה.

מבני מגורים עם שלד פלדה אינם נפוצים בישראל, וימצאו לרוב במבנים רבי קומות. במבנים אלו מערכת ההקשחה תכלול גרעיני בטון (מרחבים מוגנים, פירי מדרגות ומעליות) כאשר בהיקף המבנה עשויה להמצא מערכת הקשחה נוספת מפלדה (אלכסונים או מסגרות כפיפות) המשמשת כמערכת משנית המשולבת עם גרעיני ההקשחה מבטון.

מבני הפלדה הנפוצים מחולקים את למספר קבוצות, בהתאם למערכת ההקשחה שלהם, כדלהלן:

א. מסגרות פלדה מוקשחות

ב. מבני פלדה חד-קומתיים (מיוצרים או טרומיים) עם קירוי קל

ג. מסגרת פלדה עם אלמנטי הקשחה מבטון מזוין

קיום מנחים להערכת בטיחות השימוש לאחר רעידת אדמה של כל אחד מהסוגים מתואר להלן.

7.1. מסגרות פלדה מוקשחות

תיאור כללי: האלכסונים משמשים כחלק ממסבך הקשחה (יחד עם קורות ועמודים) לקבלת כוחות אופקיים. האלכסונים עשויים להיות בצורת X, K או V-הפוך (Chevron). במבנים חדישים עשויות להימצא מסגרות מוקשחות אקסצנטריות (EBF - Eccentric Braced Frames) כאשר האלכסונים אינם נפגשים בנקודה אחת ויוצרים כפיפה במשקוף (ראה גם תרשים 7.3). האלכסונים מחוברים לאלמנטי המסגרת (עמודים, קורות, צמתים ופלסות בסיס) באמצעות ברגים או בריתוך. במבנים עם גגות קלים הכוחות האופקיים מועברים אל אלמנטי ההקשחה באמצעות מסבכים אופקיים (מסבכי רוח). במבנים עם תקרות בטון, הכוחות מועברים על ידי לוחות (דיאפרגמות) אופקיות במישורי התקרות. תקרות טיפוסיות הן תקרות מלאות יצוקות באתר, עשויות סיפון פח (Span-deck) עם יציקת בטון, או לוחות חלולים דרוכים (לוח"דים) עם יציקה משלימה (טופינג). תקרת הבטון מחוברת לקורות הפלדה לרוב באמצעות שגמי גזירה (Shear studs).

מבנים עם מסגרות פלדה מוקשחות - רשימת ביקורת: בהתבסס על ניסיון העבר בתפקוד מבנים מסוג זה ברעידות אדמה, להלן נתונה רשימה של אזורי קריטיים המועדים לנזק. תרשים 7.1 מתאר מספר נקודות בדיקה טיפוסיות למבנה פלדה חד-קומתי קל עם אלכסוני הקשחה.

ישנם הקווים המנחים להלן דורש **שיקול דעת הנדסי**. במקרים מסויימים הסווג המומלץ (כלומר "מבנה מסוכן") אינו הכרחי, וסווג פחות מחמיר (כלומר "מוגבל בשימוש" או "אזור מסוכן") עשוי להתאים לרמת הסיכון. זכור כי עשויים גורמי סיכון נוספים לאלה המצויינים להלן.

7.1.1. רמת נזק כללי

אחד ממציני הנזק העיקריים במבני פלדה עם אלכסונים מוקשחים הוא הנטייה מהאנך (או הסטה קומתית). אם המבנה בכללותו נוטה באופן משמעותי מהאנך 4 או בקומה כלשהי נראית הסטה קומתית, הנטייה עלולה לנבוע מאלכסונים שבורים, אלכסונים שקרסו או מחברים שבורים. נזקים אלה עשויים להיות חבויים מאחורי קירות ולא נראים לעין.

- התמוטטות מלאה או חלקית....."מבנה מסוכן"
- המבנה בכללותו, או כל קומה בו נוטה מהאנך באופן משמעותי....."מבנה מסוכן"

7.1.2. תקרות וגג

יש לבדוק את המסבכי הנושאים של הגג (ובתקרות ביניים אם קיימים) לנזקים באלכסונים (שבר או קריסה) ולכשל או נזק למחברים. יש לוודא כי המחבר בין המסבך לעמוד לא איבד מהתסבולת למומנט (במקרה של חיבור המשכי) או את התסבולת לכוחות אנכיים. יש לבדוק גם מחברים וסמכים של אלמנטים נושאים אחרים (קורות) לכשל או נזק הפוגם ביכולת העברת כוחות אנכיים מהגג או התקרות.

- שבר או קריסה של מוט במסבך....."מבנה מסוכן"
- כשל במחבר במסבך....."מבנה מסוכן"
- הפרדה בסמך של אלמנט נושא של אלמנט נושא של תקרה או גג....."מבנה מסוכן"
- כשל מלא או סף כשל של אלמנט נושא משמעותי....."מבנה מסוכן"

7.1.3. עמודים

נזקים טיפוסיים בעמודים כוללים עווים משתיירים בכפיפה (התקשות), נטייה או נזק משמעותי אחר (לדוגמה: קריסת אגף, החלקה בבסיס וכדומה). מבנים תמירים עם מסגרות מוקשחות עלולים לפתח כוחות ציריים גדולים בעמודי המעטפת עקב מומנטי היפוך של המבנה בכללותו. כוחות אלה עלולים לגרום לקריסה של העמודים או כשל של פלטת הבסיס (תרשים 7.2) או ברגי העיגון.

- כשל בגזירה או בעיגון בבסיס העמוד....."מבנה מסוכן"
- עמוד נוטה מהאנך....."מבנה מסוכן"
- עמוד שקרס, או עם התקשות שיורית....."מבנה מסוכן"

7.1.4. הקשחות במישור אנכי

בדוק את רכיבי מסבך ההקשחה (מסבך רוח) לנזק, כולל אלכסונים או מחברים שבורים (כשלים במתיחה), מתיחת יתר (נזילה, עם או בלי היצרות או צואר בקבוק, תרשים 7.3) או מוטות שקרסו (כשל בלחיצה). כשל בשדה אחד או יותר של מסבך ההקשחה מהווה באופן כללי עילה לסווג "מבנה מסוכן". מסבכי X- מתוכננים לרוב למתיחה של אחד משני האלכסונים בעוד האלכסון השני באותו שדה עשוי לקרוס (תרשים 7.4). לעיתים, מתיחת יתר קלה או קריסה קלה של אלכסון במסבך ההקשחה יראו לעין. במידה וזהו הנזק הקונסטרוקטיבי היחיד, אין צורך בסווג "מבנה מסוכן" בתנאי שאין נזק נוסף במערכת המתיחה של המסבך.

- שבר של מוט או מחבר במסבך ההקשחה....."מבנה מסוכן"
- קריסה או עווי שיורי משמעותי במתיחה באלכסון....."מבנה מסוכן"

⁴נטייה צידית הנראית לעין היא בדרך כלל גדולה מ-2° (תזווה אופקית של 1 ס"מ ל-30 ס"מ אנכי או נטייה של כ-10 ס"מ לקומה בגובה 3 מ').

7.1.5. הקשחות במישור אופקי

מסבך הקשחה (אגד רוח) אופקי במישור הגג הוא מערכת נפוצה במבנים תעשייתיים. בדוק את רכיבי המסבך לנזק באלכסונים או מחברים שבורים (תרשים 7.5), מתיחת יתר או קריסה. בדרך כלל, קורות הגג או התקרה המשמשים כחגורות המסבך חזקים הרבה יותר מהאלכסונים והאנכים של המסבך. לפיכך הם לרוב לא ניזוקים, אך המחברים בצמתים בין האלכסונים לחגורות עלולים להוות נקודת תורפה לנזק. יש לתת תשומת לב מיוחדת לאזורים של כוחות גדולים, כגון בקצות המסבך בהם הכח האנכי מועבר למערכת ההקשחה האנכית (גמלוניס ומסבכי ביניים אנכיים).

- שבר של אלכסון או מחבר במסבך הקשחה....."מבנה מסוכן"
- קריסה או עווי שיורי משמעותי במתיחה באלכסון....."מבנה מסוכן"
- כשל של חגורה או מחבר במסבך הקשחה....."מבנה מסוכן"

7.1.6. לוחות אופקיים (דיאפרגמות)

נזק בלוח אופקי עלול לפגוע במנגנון העברת העומס האופקי מהתקרות או הגג אך מסבכי ההקשחה האנכיים. יש לבדוק את המחברים בין הלוח האופקי (לדוגמה: רשת קורות עם מדרך שבכה מרותך או סיפון פלדה עם יציקת בטון) לבין קורות השפה ומסבך ההקשחה האנכי כדי לוודא שמנגנון העברת כוחות הגזירה האופקיים לא נפגע. כמו כן יש לבדוק את הלוח האופקי באיזורי החגורות (שפות הלוח), סביב פתחים גדולים או אזורי אי רציפות במתווה האופקי.

- התכופות, שבר או נזק משמעותי בלוח אופקי....."מבנה מסוכן"
- שבר או נזק משמעותי בחגורת לוח או אלמנט מאסף....."מבנה מסוכן"
- תזוזה יחסית או כשל בגזירה במחבר בין הלוח לקורה....."מבנה מסוכן"
- סדקים אופקיים ברוחב 10 מ"מ ויותר בתקרות בטון....."מבנה מסוכן"

7.1.7. יסודות

בנינים רבי קומות עם מספר קומות מרתף (המשמשים כחניון ומחסנים) הם נפוצים. ישנם מקרים בהם עמודי הפלדה נמשכים דרך המרתפים ליסודות. הקיר ההיקפי של המרתף משמש כקיר תומך בעל השענה אפקית במפלסי התקרות, ונושא בעומס האופקי של הקרקע. יש לבדוק האם הקיר ההיקפי קיבל הקשתה אנכית ("בטן" הנובעת מדפורמציה אופקית גדולה) עקב לחצי קרקע מוגדלים. בנוסף יש לבדוק את רצפת המרתף התחתון לסימנים של כשל של הביסוס או נזקים הנובעים משקיעה הבדלית (דיפרנציאלית) של היסודות.

- הקשתה אנכית של קירות היקפיים של המרתף....."מבנה מסוכן"
- סדקים טריים ברוחב 10 מ"מ ויותר ברצפת המרתף התחתון....."מבנה מסוכן"
- ביסוס שבור או סדוק באופן משמעותי....."מבנה מסוכן"

7.1.8. גורמי סיכון אחרים

ראה הדרכה בפרק 9 לסקירה של אלמנטי חיפוי, מחיצות ואלמנטים לא מבניים אחרים.

7.2. מבני פלדה חד-קומתיים עם קירוי קל

תיאור כללי: מבנים אלה נפוצים בארץ במפעלים ומחסנים. רוב המבנים מתוכננים לפי דרישה אולם ישנם גם מבנים טרומיים מיובאים. מערכת ההקשחה במבנים אלה תלויה באופי חיפוי הקירות: (1) **חיפוי קיר מפח צורני או לוחות קלים** (בטרם, פנל מבודד וכדומה) – מערכת ההקשחה תהיה לרוב מסבכי הקשחה ממוטות או מותחנים, אם כי עשויה להיות גם מערכת מסגרתית ו- (2) **קיר קשיח** – קירות בטון יצוקים באתר או לוחות טרומיים מושחלים כאשר מעליהם ישנה פשיה מפח. קירות הבטון מחוברים לעמודים (בריתוך או מלוי גראוט) ומשמשים כקירות הקשחה כאשר בחלק הקיר העליון המערכת היא מסגרתית או מוקשחת באגדי רוח. **עבור קירוי קשיח (2) ראה גם דיון בסעיף 7.3.** במבנים עם עגורנים מערכת ההקשחה תהיה חזקה וקשיחה יותר עקב תוספת כוחות אופקיים מהאצה ובלימה של העגורנים, מגבלות על התדירות העצמית של המבנה נושא העגורנים ותוספת המשקל. תגובת מבנים אלה לרעידת אדמה היתה טובה באופן כללי, בעיקר בגלל משקלם הקטן והקשחת הקירות.

מבני פלדה חד-קומתיים עם קירוי קל - רשימת ביקורת: להלן נתונים קוים מנחים לביקורת של איזורים מועדים לנוזק. תרשים 7.6 ישים למבנים מתוכננים וטרומיים כאחד.

ישום הקווים המנחים להלן דורש **שיקול דעת הנדסי**. במקרים מסויימים הסווג המומלץ (כלומר "מבנה מסוכן") אינו הכרחי, וסווג פחות מחמיר (כלומר "מוגבל בשימוש" או "אזור מסוכן") עשוי להתאים לרמת הסיכון. זכור כי עשויים גורמי סיכון נוספים לאלה המצויינים להלן.

7.2.1. רמת נזק כללי

לרוב ניתן להבחין בנזק הכללי למבנה מסקירה חיצונית. בדומה למבני מסגרת מוקשחת באלכסונים, נטיה משמעותית⁵ מהאנך מעידה על נזק כולל למבנה. חפש סימנים של קריעת חומר הקירוי (עבור קירוי קל) או פיתול של המבנה.

- התמוטטות מלאה או חלקית..... "מבנה מסוכן"
- נטיה מהאנך של 3° (1 אופקי ל-20 אנכי) או יותר..... "מבנה מסוכן"

7.2.2. מסבכי הקשחה בקירות

אלכסוני ההקשחה עשויים לרוב ממוטות מחתך מעורגל או מותחנים. אופני הכשל הטיפוסיים יהיו על ידי מתיחה מופרזת של המוט (נזילה); כשל במחבר (ברגים או ריתוך במקרה של מוטות מעורגלים או גזירה של ההברגה במוותחנים); או קריסת אלכסון לחוץ במערכת שאינה מאפשרת מתיחה בלבד (לדוגמה: אלכסון אחד בשדה או הקשחת K).

- כשל במחבר של אלכסון מתוח..... "מבנה מסוכן"
- מוטות שבורים או מתיחה מופרזת (נזילה)..... "מבנה מסוכן"
- קריסה של אלכסון לחץ (במערכת שונה מהקשחת X)..... "מבנה מסוכן"
- כשל בגזירה או במתיחה של ברגי עיגון בבסיס עמוד במסבך אנכי..... "מבנה מסוכן"

7.2.3. מסבכי הקשחה בנג

בדוק את מסבכי ההקשחה האופקיים (אגדי הרוח) למחברים או מוטות שבורים (תרשים 7.5), נזילה של מוטות מתיחה, קריסה של מוטות לחץ (משמעותי רק עבור מערכת הקשחה שאינה מאפשרת מתיחה בלבד).

- כשל במחבר או אלכסון מתוח..... "מבנה מסוכן"

⁵ נטייה צידית משמעותית במבנים גמישים אלה עם גג קל נחשבת כנטיה מהאנך של 3° או יותר (תזוזה אופקית של כ- 1 ס"מ ל- 20 ס"מ אנכי או נטייה של כ- 5 ס"מ למטר).

- מוטות שבורים או מתיחה מופרזת (נזילה)....."מבנה מסוכן"
- קריסה של אלכסון לחץ (במערכת שונה מהקשחת X)....."מבנה מסוכן"
- עוות חמור של קירוי הגג....."מבנה מסוכן"

7.2.4. מסגרות הקשחה כפיפות

מבני פלדה חד-קומתיים עשויים להיות מוקשחים גם במסגרות כפיפות (לדוגמה: קיר פתוח ברובו שאינו מאפשר מסבך רוח אנכי). במסגרות המחוברות בברגים יש לבדוק את צמתי קורה-עמוד לכשל במתיחה של ברגי החיבור הגורם להקטנת התסבולת למומנט כפיפה של הצומת, וכן את בסיס העמוד להחלקה או כשל בגזירה או במתיחה של ברגי העיגון.

- קריסת אגף בעמוד מסגרת....."מבנה מסוכן"
- כשל בצמתיים של מסגרת כפיפה....."מבנה מסוכן"
- כשל בגזירה או במתיחה של ברגי עיגון בבסיס עמוד....."מבנה מסוכן"

7.2.5. גורמי סיכון אחרים

ראה הדרכה בפרק 9 לסקירה של אלמנטים לא מבניים.

7.3. מסגרות פלדה עם אלמנטי הקשחה מבטון מזוין

תיאור כללי: במבנים אלו מערכת ההקשחה תכלול גרעיני בטון (מרחבים מוגנים, פירי מדרגות ומעליות) עם או בלי קירות הקשחה נוספים מבטון. בהיקף המבנה עשויה להמצא מערכת הקשחה משנית נוספת מפלדה (אלכסונים או מסגרות כפיפות) המשמשת כמעטפת פעילה. מערכת זאת עובדת במשולב עם גרעיני ההקשחה מבטון, המקבלים את רוב הכוחות האופקיים, ליצירת מערכת הקשחה דואלית. ברוב המקרים, מעטפת פעילה נדרשת להקניית קשיחות לפיתול למבנה כאשר ישנו גרעין מרכזי, או משמשת כמערכת נוספת להגדלת רמת היתירות (דרגת אי-סיום סטטי) של המבנה. קירות מסך טרומיים (או קלים) או קירות בני המחפים את החזיתות אינם משמשים לרוב כאלמנטי הקשחה. במקרים אחרים שלד הפלדה הוא אלמנט נושא בלבד (מקבל רק כוחות אנכיים) עם מחברים פרקיים בעיקרם, וכל הכוחות האופקיים מתקבלים על ידי גרעיני ההקשחה (וקירות הקשחה) מבטון.

מבני פלדה עם אלמנטי הקשחה מבטון מזוין- רשימת ביקורת: הערכה של נזקים לקירות בטון או קירות בני במבנים עם שלד פלדה דורשת הבנה של תפקיד הקיר במבנה. לרוב, קירות בטון מזוין יצוקים באתר ישמשו כקירות הקשחה. נזק בקיר המשמש כאלמנט הקשחה ראשי לעומת קיר שמשמש מחיצה, קיר מסך או תפקיד לא קונסטרוקטיבי אחר עשוי לשנות את סווג הבטיחות לאכלוס של המבנה כולו. באופן דומה, במסגרות פלדה בהיקף המבנה יש להעריך אם המסגרת היא כפיפה (עם מחברי מומנט) המשמשת כחלק ממערכת דואלית או מסגרת נושאת עם מחברים פרקיים. בחינה של אופי המחבר בצמתי קורה-עמוד (חיבור למומנט לעומת חיבור פרקי) עשוי להיות לעזר בהבנת תפקיד המסגרת. תרשים 7.6 מתאר נקודות ביקורת במבנה עם שלד פלדה וקירות מבטון מזוין או קירות בני. במבנים מודרניים החזיתות עשויות לרוב מקירות מסך טרומיים או קירות מסך קלים (זכוכית וכדומה). יש לבדוק את הגרעינים, קירות הקשחה פנימיים אחרים מבטון לפי ההנחיות בפרק 6.

ישנם הקווים המנחים להלן דורש **שיקול דעת הנדסי**. במקרים מסויימים הסווג המומלץ (כלומר "מבנה מסוכן") אינו הכרחי, וסווג פחות מחמיר (כלומר "מוגבל בשימוש" או "אזור מסוכן") עשוי להתאים לרמת הסיכון. זכור כי עשויים גורמי סיכון נוספים לאלה המצויינים להלן.

7.3.1 רמת נזק כללי

בדוק את המבנה לרמת נזק כללית. נטייה משמעותית מהאנך⁶ של המבנה בכללותו או הסטה קומתית נראית בקומה כלשהי מעידה על כשל של מערכת ההקשחה.

- התמוטטות מלאה או חלקית....."מבנה מסוכן"
- המבנה בכללותו, או כל קומה בו נוטה מהאנך באופן משמעותי....."מבנה מסוכן"

7.3.2 תקרות וגג

ראה סעיף 7.1.2.

7.3.3 עמודים

ראה סעיף 7.1.2.

7.3.4 לוחות אופקיים (דיאפרגמות)

ראה סעיף 7.1.6.

7.3.5 מסגרות פלדה כפיפות

מסגרות כפיפות עשויות להמצא בחזיתות כחלק ממערכת הקשחה דואלית. מסגרות משיכות כפיפות מתוכננות להתהוות מפרקים פלסטיים (נזילה) בקורות בעוד העמודים נשארים אלסטיים ("קורה חלשה עמוד חזק"). יש לבדוק את המסגרת לנזק, במיוחד קריסה מקומית; עיווי של פלטות (אוגנים, צלעות חיזוק, פלטות הקשחת צומת וכדומה); וכשל ברגים או ריתוך בצמתי קורה-עמוד. במבנים ישנים או באזורים בעלי סיכון סייסמי נמוך עשויות להמצא מסגרות שאינן מתוכננות באופן משיך (המחברים הם קשיחים-למחצה עשויים מזויתנים, חתכי T ופלטות מחוברים בברגים או מסמרות). במסגרות אלה, עשוי להתרחש כשל של המחבר ללא נזילה (מפרק פלסטי) בקורה. אם קיים חשד לקיום מחברים כאלה, יש לבדוק מספר צמתים, במיוחד כאשר ישנה הסטה קומתית שיורית משמעותית.

- מסגרות כפיפות שבורות, נוטות או עם נזק כבד....."מבנה מסוכן"
- כשל בריתוך, ברגים או כשל אחר בצומת....."מבנה מסוכן"
- קריסת אגף סמוך לצומת קורה-עמוד....."מבנה מסוכן"
- כשל בריתוך, ברגים או כשל אחר בצומת....."מבנה מסוכן"
- הסטה קומתית נראית לעין בקומה כלשהי....."מבנה מסוכן"

7.3.6 גרעיני הקשחה וקירות הבטון מזוין

נסה להעריך אם קירות הבטון משמשים כקירות הקשחה או קירות נושאים. באופן כללי ניתן להעזר בהדרכה בפרק 6 להערכה של אלמנטים אלה.

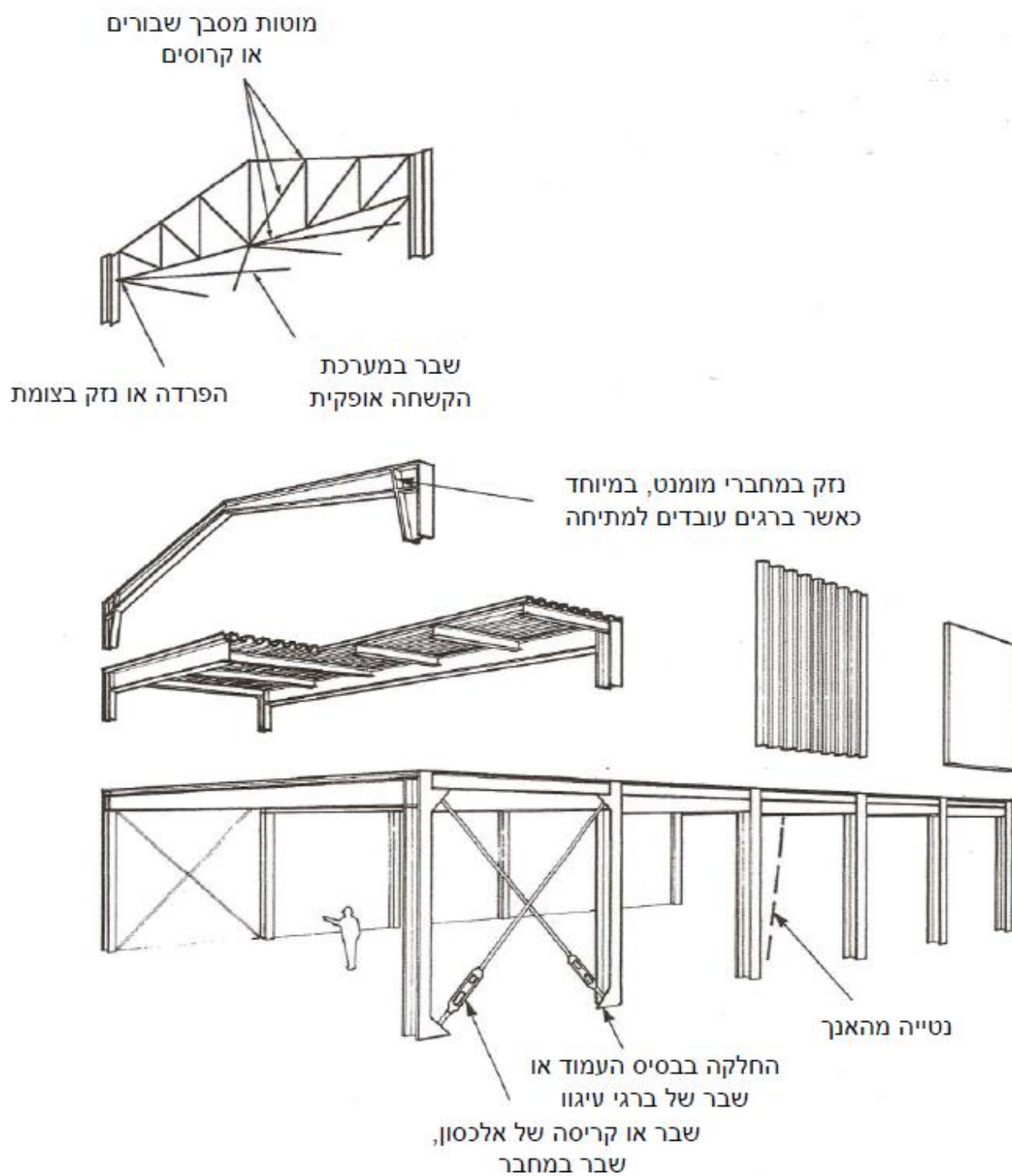
7.3.7 יסודות

ראה סעיף 7.1.7.

7.3.8 גורמי סיכון אחרים

ראה הדרכה בפרק 9 לסקירה של אלמנטי חיפוי, מחיצות ואלמנטים לא מבניים אחרים.

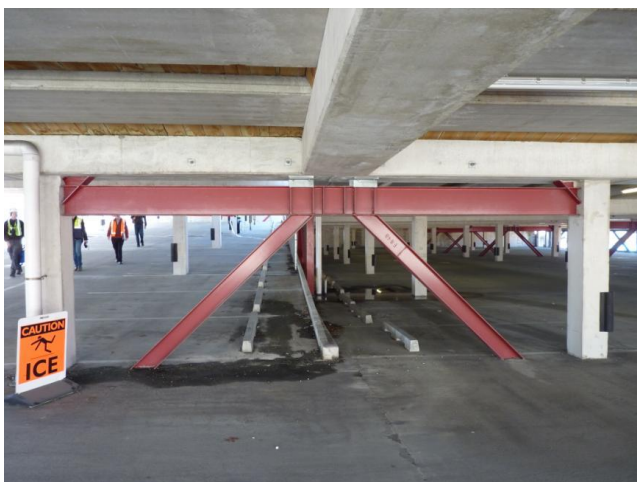
⁶ נטייה צידית הנראית לעין בדרך כלל גדולה מ-2° (תזווה אופקית של 1 ס"מ ל-30 ס"מ אנכי או נטייה של כ-10 ס"מ לקומה בגובה 3 מ').



תרשים 7.1 נקודות לביקורת עבור מבני פלדה חד-קומתיים עם קירוי קל
 (לפי 1-20-ATC)



תרשים 7.2 כשל בכפיפה של פלטת בסיס של עמוד פלדה ברעידת האדמה Northridge, קליפורניה 1994
Oviatt Library photo gallery, California State University, Northridge



תרשים 7.3 כשל בנוזלה ותזוזה צידית של מסגרת מוקשחת אקסצנטרית EBF ברעידת האדמה Darfield, ניו זילנד 2010.
MCEER - Preliminary Report on Steel Building Damage from the Darfield (New Zealand) M7.1 Earthquake of September 4, 2010



תרשים 7.4 נזילה וקריסה של אלכסוני הקשחה אופקית בקיר, רעידת האדמה San Fernando 1971 (NISEE, 2000).



תרשים 7.5 כשל במחבר של מותחן במערכת הקשחה אופקית ברעידת האדמה Darfield, ניו-זילנד 2010.

NCEER – Preliminary report on Steel Building Damage from the Darfield (New Zealand) M7.1 Earthquake on September 4, 2010

8. בקרת סיכונים גיאוטכניים

8.1. כללי

ישנם מספר גורמי סיכון גיאוטכניים העלולים לגרום נזק ולהשפיע על בטיחות מבנים. לדוגמה, שקיעות גדולות של יסודות עקב תזוזות קרקע ברעידת אדמה, או התפשטות אופקית של קרקע מתחת למבנה עקב התנזלות עלולים לגרום לנזקים חמורים - כולל מבנים המתוכננים לעמוד היטב בתנודות הנגרמות מרעידות אדמה. באותו אופן, גם דפורמציות קרקע גדולות באיזור קו שבר פעיל או גלישת מדרון עלולות לסכן, או אפילו לגרום להרס מבנים מתוכננים היטב. פרק זה עוסק בהכרה והערכה של סיכונים אלה.

הערכת בטיחות מבנים באזורים של תזוזות קרקע וסיכונים גיאוטכניים אחרים דורשת מענה לשתי שאלות בסיסיות:

א. האם תזוזות הקרקע השפיעה על היסודות וגרמה נזק למבנה?

ב. האם סביר שתזוזות הקרקע או גורם הסיכון ימשיך להתקדם?

השאלה הראשונה עוסקת בנושא קונסטרוקטיבי הדורש התייחסות מהנדס מבנים, כאשר הדרכה ניתנת בפרקים 5-8. השאלה השנייה עוסקת בהערכה גיאוטכנית, ודורשת מומחיות בגיאולוגיה והנדסת קרקע. הדרכה בסיסית ניתנת להלן.

8.2. הסמכה נדרשת למעריכי נזקי קרקע

מעריכי סיכונים גיאולוגיים יהיו מהנדסי קרקע וביסוס או גיאולוגים ורצוי שיעבדו בצוותים של שניים. המעריכים צריכים להיות בעלי נסיון, ומודעים לסוגים השונים של תזוזות קרקע המהוות סיכון למבנים, קירות תמך, מצוקים, מדרונות, סכרי-עפר וכדומה.

8.3. שיטה וקריטריונים לבקרת סיכונים גיאוטכניים

להלן רשימה של גורמי סיכון גיאוטכניים למבנים והסווג המומלץ עבורם. המחשה של מספר גורמי סיכון נתונה בתרשים 8.1.

ישנם הקווים המנחים להלן דורש **שיקול דעת הנדסי**. במקרים מסויימים הסווג המומלץ (כלומר "מבנה מסוכן") אינו הכרחי, וסווג פחות מחמיר (כלומר "מוגבל בשימוש" או "אזור מסוכן") עשוי להתאים לרמת הסיכון.

8.3.1. בקעים בפני הקרקע

בקע בפני הקרקע עלול לגרום לתזוזה יחסית הן אופקית והן אנכית של הקרקע. תזוזות תוצאה מבקעים המתרחשים מתחת למבנים או בסמוך אליהם, עלולות לגרום לנזקים כבדים למבנים (תרשימים 8.2, 8.3). בנוסף לכך, בקעים בפני הקרקע המקיפים שטח גדול עלולים להתרחש עקב התפשטות קרקע אופקית (Lateral spreading) הדומה לגלישת מדרון בשיפועים מתונים. תזוזות משניות אלה עלולות לדחוס או לקרוע בניין, במיוחד מבנים קלים או בנינים ללא קורות קשר בין היסודות. בדרך כלל, תזוזות לאורך קו שבר מתרחשות באופן חד-פעמי בכל רעידה, ולא יתרחשו שוב אלא אם כן ישנה רעידה נוספת לאורך אותו שבר באותו אזור. אולם, תזוזות נוספות ורעידות משנה עלולות להתרחש עקב מנגנונים נוספים כגון זחילת קרקע (Post earthquake creep) או "רעידת אדמה איטית" (Slow earthquake), ואלה עלולות לגרום לנזקים נוספים.

- נזקים מבניים עקב בקע בפני הקרקע....."מבנה מסוכן"

8.3.2. כשל מדרון וקירות תמך

גלישת מדרון עלולה לגרום לנזקים כבדים למבנים. מבנה הממוקם על קרקע לא יציבה עלול להינזק עקב תזוזה יחסית של קרקע. אנשים ומבנים עלולים גם להיפגע מקרקע ושפוכת הגולשים במורד המדרון (תרשים 8.4). רעידות משנה ואפילו עומס סטטי עלולים להגדיל את תזוזת המדרון. הסבירות להמשך תזוזת קרקע חייבת להיות מוערכת בידי מעריכי נזקי קרקע מוסמכים בעלי הידע והנסיון הדרושים.

- נזק ליסודות או איבוד השענה ביסודות עקב גלישת מדרון "מבנה מסוכן"
- גלישת קרקע נמשכת תחת תנאים סטטיים "אזור מסוכן"
- מבנה הנמצא באזור גלישת מדרון פעילה "מבנה מסוכן"
- בנין הנמצא בנתיב התדרדרות שפוכת, כולל נפילת סלעים, מאזור גלישת מדרון פעילה "מבנה מסוכן"
- קיר תומך נוטה יותר מ- 5° מהאנך (שיפוע של 12:1) "אזור מסוכן"

8.3.3. תזוזה יחסית אחרת של קרקע

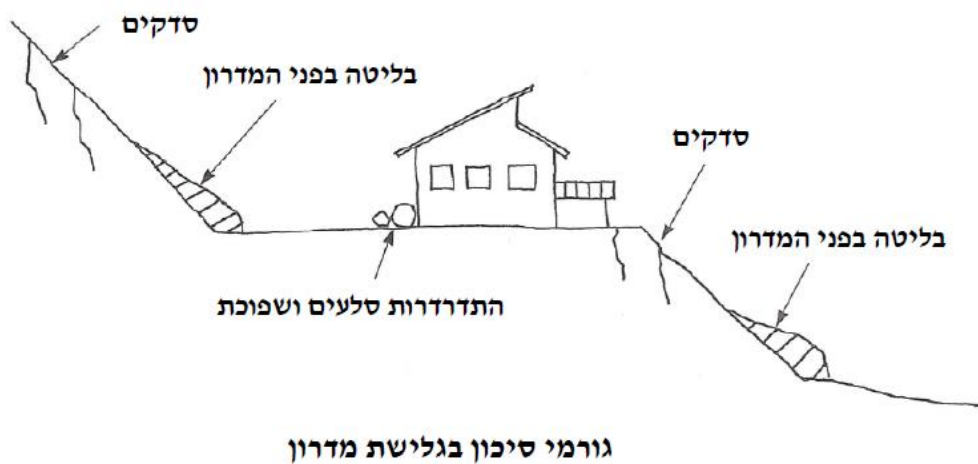
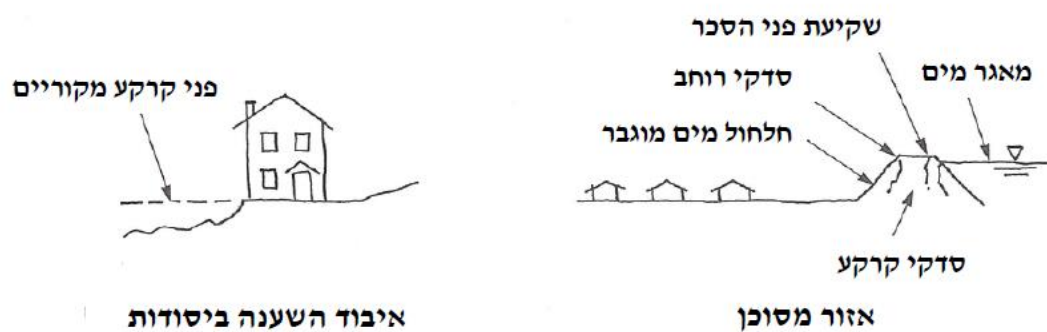
תזוזות אנכיות או אפקיות העשויות להגרם מהתנזלות קרקע או התפשטות קרקע אופקית (תרשימים 8.5 ו-8.6) ובקו הגבול בין קרקע מהודקת לקרקע טבעית. רעידות מאוחרות עלולות לגרום לתזוזות קרקע נוספות.

- תזוזה יחסית של קרקע שגרמה נזק למבנה "מבנה מסוכן"
- בקעים או מתלולים בפני הקרקע ברוחב 10 ס"מ או יותר בקרבת המבנה "מבנה מסוכן"

8.3.4. תזוזות סכרי עפר או מאגרי מים

כשל פתאומי של סכר עפר או קיר מאגר מים עלול לגרום לגל מים ושטפון מהיר במורד הזרם. כאשר צוות סוקרים גיאוטכני מאשר את קיומו של גורם סיכון משמעותי למאגר מים או סכר עפר (לדוגמה: סדקי-קרקע, חלחול מוגבר או כשל של קיר היקפי של מאגר או סכר), מומלץ לסווג את אזור ההשפעה במורד הזרם כדלהלן:

- סדקי-קרקע, חלחול מוגבר או כשל של קיר היקפי של מאגר או סכר "אזור מסוכן"
- גלישת מים מסכר כתוצאה מגלים עקב רעידת אדמה "אזור מסוכן"



תרשים 8.1 נקודות לביקורת עבור מספר גורמי סיכון גיאוטכניים. (לפי ATC-20-1)



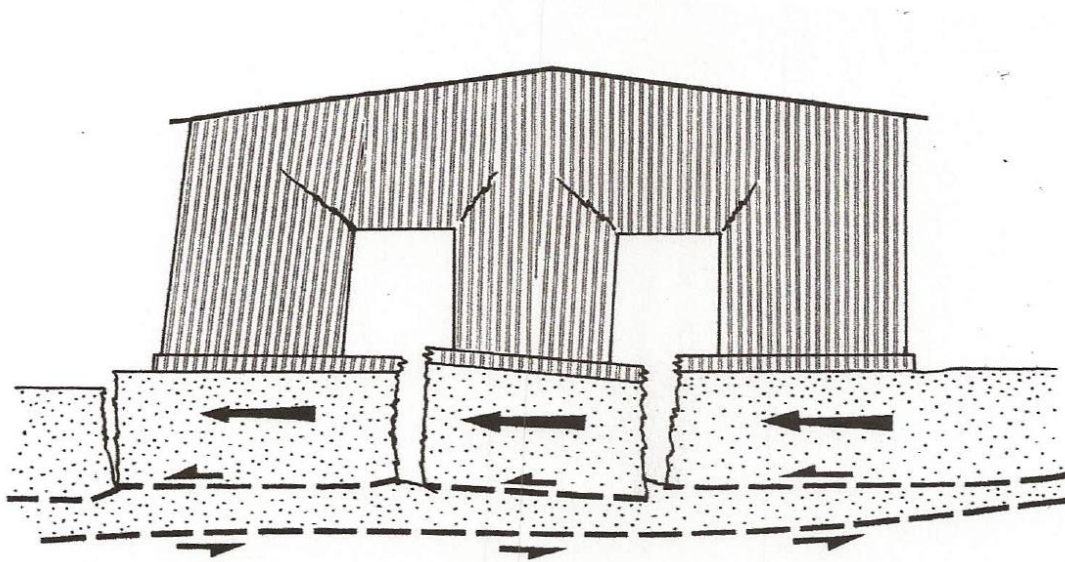
תרשים 8.2 אבדן השענה ונוזק למבנה עקב קו שבר תחת המבנה, אלסקה 1964.
USGS Geological Survey photographic library



תרשים 8.3 נטיה ושבר במבנה עץ עקב תזוזות יחסיות אנכיות בקו שבר העובר תחת המבנה, סן פרנסיסקו, קליפורניה 1989.



תרשים 8.4 הרס מבנה בית ספר כתוצאה מגלישת מדרון ברעידת אדמה סצואן, סין 2008.
Dave's Landslide Blog, <http://daveslandslideblog.blogspot.com/2009/03/images-of-landslides-and-other-damage.html>



תרשים 8.5 תרשים של התפשטות קרקע אופקית ונזק למבנה *Fernando Valley Juvenile*
Hall עקב רעידת האדמה בסן פרננדו, קליפורניה 1971. (לפי ATC-20-1)



תרשים 8.6 בקעים עקב התפשטות קרקע אופקית, האיטי 2010.
USGS Multimedia Gallery: Lateral Spread Caused by the Haiti Earthquake

9. הערכת סיכונים לא מבניים

9.1. כללי

בנוסף לסכנה לחיי אדם כתוצאה מערעור היציבות הכללית של המבנה, ישנם סיכונים נוספים הנובעים מאלמנטים אדריכליים או אלמנטים לא מבניים אחרים. דגש ינתן בפרק זה לאלמנטים לא מבניים העלולים לסכן חיים או לגרום לפגיעה לאנשים הרחב לאחר רעידת אדמה. לדוגמה, מעקה הבנוי מבולוקים שניזוק עלול ליפול ברעידת משנה, או מחבר של צינור המחובר למיכל גז לא מעוגן שזז ממקומו עלול להתנתק ולגרום לשריפה. גורמי סיכון כדוגמת אלה מחייבים ביקורת והערכה של סיכונים לא מבניים כחלק מתהליך הערכת הסיכונים.

אלמנטים לא מבניים הדורשים ביקורת והערכה כוללים בין היתר:

- א. מעקים, חיפויים ואלמנטי עיטור שונים
 - ב. גגונים
 - ג. קירות מסך
 - ד. תקרות תותב ומתקני תאורה
 - ה. קירות בני, מחיצות וזיגוג
 - ו. ציוד מכני וחשמלי
 - ז. מעליות
 - ח. גורמי סיכון אחרים
- גורמי הסיכון והצעות לנושאי בקרה בכל אחד מהאלמנטים הנ"ל נתונים להלן.

9.2. רשימת ביקורת לסיכונים לא מבניים שונים

יישום הקווים המנחים להלן דורש **שיקול דעת הנדסי**. נזק לאלמנטים לא מבניים עשוי להיות בעל אופי מגוון ובדרגות חומרה שונות, ולכן נדרשת הערכה פרטנית והחלטה לכל מקרה לגופו. במקרים מסויימים הסווג המומלץ (כלומר "אזור מסוכן") אינו תואם את חומרת הסיכון ואינו הכרחי. על הסוקרים להעריך את הסבירות שרעידה חוזרת או מצב סטטי יגרום למצב של סכנת חיים.

9.2.1. מעקים, חיפויים ועיטורים שונים – רשימת ביקורת

אחד מגורמי הסיכון העיקריים בבנינים בסביבה עירונית הוא נפילה של מעקים וחיפויים שונים כגון פרגולות, כרכובים, אלמנטי עיטור ושלטים (תרשים 9.1). אם כי רוב האלמנטים האדריכליים שאינם מעוגנים כהלכה יפלו ברעידה העיקרית, ישנו סיכון ממשי שמעקות ואלמנטים אחרים יפלו ברעידת משנה או אף במצב סטטי. יש לבדוק כל בניין שהחזיתות שלו ניזוקו באופן משמעותי להמצאות גורמי הסיכון הבאים:

א. **מעקים הבנויים מבולוקים או מאבן:** במבנים ישנים עשויים להיות מעקים מבולוקים ללא חגורות ועמודוני בטון מזוין מספיקים או מעקים מאבן. סדיקה משמעותית במעקים אלה עלולים לערער את יציבותם. במקרים אלה יש לבדוק ויזואלית את מצב הצד החיצוני של המעקה מחוץ לבנין (בעזרת משקפת) ואת מצב חלקו הפנימי ממפלס הגג. סדקים אופקיים בבסיס המעקה או סדקים רחבים אחרים במעקה עשויים להעיד על סיכון משמעותי ליציבותו – אלא אם כן ישנה אינדיקציה לנוכחות זיון.

- כשל חלקי של מעקה הבנוי מבולוקים עם השענה חלקית....."אזור מסוכן"
- מעקים סדוקים ללא זיון....."אזור מסוכן"

ב. **מעקים מבטון מזוין:** רוב מעקי הבטון הם עם זיון ומהווים גורם סיכון רק אם ניזוקו קשה (נטייה משמעותית או קילוף בטון וסדיקה בבסיס המעקה).

- קילוף בטון משמעותי וסדיקה בבסיס המעקה....."אזור מסוכן"
- מעקים נוטה באופן משמעותי....."אזור מסוכן"

ג. **עיטורים, כרובים ועליות גג:** עלולים לא להיות מחוברים היטב למבנה. כל סימן של הפרדה של קיר בני או אלמנט כבד אחר מהווה סכנת נפילה באזור מתחתיו.

- נזק למחבר של אלמנט....."אזור מסוכן"
- תזוזה חלקית מסמכים....."אזור מסוכן"

ד. **שלטים:** חפש סימנים לכשל מחברים או החלקה של שלטים בחזית הבנין, במיוחד מעל מדרכות או כניסות.

- נזק או כשל מחברים של שלטים....."אזור מסוכן"

ה. **ציפויי קיר, רעפים:** ציפויים מאריחים, אבן או לבנים עשויים להיות מחוברים לקיר בצורה רופפת. כאשר אלמנט הציפוי משתחרר, הוא הופך לגורם סיכון לנפילה.

- ציפוי קיר ניזוק או עומד ליפול....."אזור מסוכן"
- סכנת נפילה של רעפי גג....."אזור מסוכן"

9.2.2. גגונים – רשימת ביקורת

גגונים בצורות שונות משמשים לקירוי מדרכות, כניסות לבתים, מרפסות, אזורי פטיו פתוחים וכדומה. הגוון עשוי להיות מחובר לבנין או כמבנה קל בפני עצמו. הסיכונים העיקריים בגגונים הם נפילה של הגגון עצמו או אלמנטי זכוכית או ציפוי שונים.

א. **רמת נזק כללית:** כל נטיה של גגון תומך עצמו, במיוחד בגגונים כבדים, עשויה להעיד על אי יציבות אפשרית.

- התמוטטות חלקית או נטיה של גגון תומך עצמו....."אזור מסוכן"

ב. **כשל מחבר לבנין:** מעיד על כשל חלקי או כשל שעומד להתרחש. במצב זה שימוש בכניסה זו אינו בטוח.

- כשל מלא או חלקי של מחבר גגון לבנין....."אזור מסוכן"

9.2.3. קירות מסך – רשימת ביקורת

קירות מסך הם אלמנטי קיר טרומיים המחוברים לחזית הבנין, במיוחד במבנים רבי קומות. קירות מסך מיוצרים ממגוון חומרים כולל אלומיניום, בטון טרום, אבן או שיש עם גב בטון ופלדה מצופה. במקרים רבים קירות מסך יכללו זכוכית או יהיו קירות זכוכית מלאים עם שלד אלומיניום או פלדה. ברוב המקרים קירות המסך מחוברים לשלד הבנין, אך בבנינים נמוכים הם עשויים להיות תומכי עצמם. הסיכונים העיקריים בקירות מסך הם סכנות נפילה מזכוכות שבורה או תזוזה או התנתקות הקיר כתוצאה מהסטה קומתית גדולה או כוחות אופקיים. מאחר וקירות המסך מחוברים לחזיתות הממוקמות מעל כניסות, מדרכות ומעברים להולכי רגל, הסיכון לחי אדם הוא ניכר אף לאחר הרעידה.

א. **רמת נזק כללית:** אם בפנלים רבים בקיר המסך נראים סימני נזק (התנתקות חלקית, זכוכית שבורה, כשלים) ישנו חשש ממשי למערכת קיר המסך כולה. במקרה זה, כל השטח סביב הבנין שנמצא בטווח נפילה של הקיר יסווג "אזור מסוכן". עבור קירות מסך קלים ניתן

להקים מחסות חסינים מפנינפילה (לא עבור קירות מבטון) כדי לסוכך ולאפשר שימוש מוגבל בנתיבי המילוט והיציאות העיקריות מהבניין.

- סכנת נפילה של קיר מסך..... "אזור מסוכן"

ב. **מחברי הקיר:** במידה וסקירה חיצונית התגלה רק נזק מוגבל או קירות מסך ללא נזק נראה, מומלץ לבדוק מתוך הבנין מספר מחברים טיפוסיים של קירות. בדיקה זאת חשובה במיוחד כאשר עוצמת הרעידה באזור הנבדק היתה גדולה. התאוצות הגדולות ביותר (והכוחות האינרציאליים הקומתיים) מתרחשות בחלק העליון של הבנין ורצוי לבדוק את המחברים בשליש או רבע העליון של הבנין. לעומת זאת, ההסטות הקומתיות הגדולות ביותר (וכח הגזירה הקומתי) יתרחשו דוקא בחלק התחתון של הבנין (או בקומה גמישה) ויש לבדוק מחברים גם באזורים אלה. הבדיקה תהיה כרוכה לרוב בהסרת אלמנטי חיפוי (רק באישור בעל המבנה ועל ידי קבלן מטעמו). משקפת רבת עוצמה היא כלי שימושי לבדיקה ויזואלית ממפלס הקרקע. כמו כן, בדיקה ויזואלית מהגג תוך מבט על מישור הקיר כלפי מטה עוזרת למצוא פגמים שזזו כלפי חוץ.

- כשל מלא או חלקי של מחבר הקיר לבנין..... "אזור מסוכן"

9.2.4. תקרות אדריכליות וגופי תאורה – רשימת ביקורת

תקרות אדריכליות ואקוסטיות כוללות תקרות רביץ, תקרות מינרליות, תקרות תותב וכדומה במקרים רבים עם גופי תאורה משולבים וצנורות שונות שעוברות בחלל מעליהן. רוב הנזק לאלמנטים אלה מתרחש בזמן הרעידה (תרשים 9.2), אם כי יתכנו סיכונים נפילה לאחריה. במבנים ישנים עם אלמנטי תקרה (או קיר) מאסבסט ישנה סכנה בריאותית כאשר האסבסט נשבר או מתפורר. בחלקי בנין בהם קיים אסבסט יש לשקול חסימה ותיוג "אזור מסוכן".

א. **רמת נזק כללית:** יש לבדוק בקפדנות חלקי תקרות תותב, גופי תאורה וצנרת (מזוג אויר או אחרת) שניזוקו לאפשרות של התמוטטות עקב רעידה מאוחרת או עומס סטטי. ניתן להסיר מספר פגמים קלים פריקים על מנת לאפשר סקירה ויזואלית של החלל.

- התמוטטות חלקית או מלאה..... "אזור מסוכן"

ב. **תקרות אקוסטיות תלויות:** הנסיון מרעידות אדמה בעולם מלמד כי במקרים רבים תקרות תלויות, כולל מתקני התאורה והצנורות התלויות, ניזוקות באופן כבד. גורם הסיכון העיקרי הוא התמוטטות התקרה התלויה. יש לחפש סימני היפרדות של פרופילי תמך בשני הכיוונים, התנתקות או קריעה של חוטי תליה העלול לגרום כשל בשרשרת (אפקט דומינו), והתנתקות של גופי תאורה לא מעוגנים. בבנינים ישנים, ישנו חשש כבד להתפוררות חומרי הגנה מפני אש המכילים אסבסט, המהווה סכנה בריאותית לסוקרים ולדיירים כאחד.

- כשל מלא או סף כשל..... "אזור מסוכן"

- נוכחות אסבסט מתפורר..... "אזור מסוכן"

ג. **תקרות גבס או טיח (רביץ):** תקרות אלה עשויות להיות מורכבות על קורות נושאות או תלויות. יש לחפש סימנים של התנתקות התקרה מתחתית האלמנטים הנושאים. תקרות אלה כבדות יותר מתקרות אקוסטיות או תקרות תותב מינרליות.

- הפרדה או התמוטטות חלקית..... "אזור מסוכן"

ד. **גופי תאורה פלואורסצנטיים תלויים:** נורות פלואורסצנריות מאורכות בגופים תלויים ניזוקו לעיתים קרובות ברעידות אדמה, כתוצאה משבר הנורה עקב טלטול. ישנן נורות חדישות יותר בהן יש כבל פלדה העובר לאורך הנורה כדי למנוע את נפילתה.

- נורות פלואורסצנטריות שבורות (ללא כבלים)..... "אזור מסוכן"

- התמוטטות של גופי תאורה..... "אזור מסוכן"

ה. **גופי תאורה אחרים:** בעוצמות רעידה חזקות, סוגים נוספים של גופי תאורה (לדוגמה: גופי תאורה פלואורוסצנטיים צמודי תקרה או שקועים, נברשות ונורות ליבון בגופים מורכבים על מוטות תליה קשיחים) עלולים להינזק. נזק למבנה גוף התאורה מהווה סכנת נפילה.

- סכנת נפילה ברורה או אפשרית....."אזור מסוכן"

9.2.5 קירות פנים, מחיצות וזיגוג – רשימת ביקורת

החשש העיקרי באלמנטים אלה הוא נזק כתוצאה מרעידת אדמה שעלול לגרום לנפילה ופגיעה באנשים מאוחר יותר.

א. **רמת נזק כללית:** במקרה ורמת הנזק היא משמעותית, כך שמספר קירות בני או מחיצות מסוג אחר התמוטטו ברעידה, או ישנו נזק כבד לקירות ומחיצות כתוצאה מכוחות אפקיים או הסטה קומתית גדולה, מומלץ באופן כללי לפנות את אזור הנזק.

- התמוטטות, התמוטטות חלקית או נזק כבד לקירות או מחיצות....."אזור מסוכן"

ב. **קירות בני:** קירות בני ללא חגורות ועמודונים מבטון מזוין נפוצים בבניינים ישנים. קירות בני כבדים ימצאו לרוב בחדר המדרגות, בקירות חוץ ומחיצות בין דירות. נפילת קירות אלה או חלקים מהם מהווה סיכון חיים משמעותי. כאשר הקיר מחופה בטיח קשה יותר לזהות את סוג הקיר. יש לחפש סדקי מדרגה או סדיקה אחרת, תזוזה בניצב למישור הקיר או מערכת הבלוק. רעידות חוזרות עלולות לגרום לקירות אלה להתמוטט.

- סדיקה משמעותית, תזוזה בניצב למישור או מערכת בלוקים....."אזור מסוכן"

ג. **קירות פריקים:** יש לחפש התנתקות לוח הקיר מהנציבים וזכוכית שבורה.

- הפרדת הקיר מנציבים....."אזור מסוכן"

ד. **זיגוג:** זכוכית סדוקה או שבורה חלקית עלולה להתנפץ. רצוי לפנות אנשים מאזורי זכוכית שבורה למען בטיחותם.

- סכנת נפילה של זכוכית....."אזור מסוכן"

9.2.6 ציוד מכאני וחשמלי – רשימת ביקורת

מרבית הנזק לציוד (לוחות חשמל, מדחסי מיזוג-אור, מגדלי קירור, דוודים, מתקני מים לכיבוי אש, מעליות וכדומה), נובע מהחלקה או התהפכות עקב עיגון לא מספק. ציוד גבוה, תמיר (בעל יחס גדול של גובה לרוחב) או בעל מסה עליונה מרוכזת רגיש באופן מיוחד לרעידות. לעיתים, ציוד נפגע מנפילה של אלמנט לא מעוגן אחר.

א. **ציוד מופעל בדלק או גז:** דוודים, מערכות הסקה, וסוגים שונים של ציוד תעשייתי מופעלים בסולר או גז. בזמן רעידה חזקה, התהפכות או גלישה של ציוד לא מעוגן היא נפוצה. יש לבדוק את אזורי העיגון לאיתור החלקה, שלילת ברגי עיגון או נזק מציוד לא מעוגן סמוך. כמו כן יש לבדוק את הצנרת לשברים, סדקים או דליפות במיוחד כאשר הציוד זז ממקומו או נפגע מאלמנט אחר. שברים במחברי צנרת קשיחה שאינה מאפשרת תזוזה בין אלמנטים סמוכים היא שכחה. הפעלת ציוד עם צינור מפלט שבור עלולה לגרום לשריפה או להרעלת חד-תחמוצת-הפחמן (CO) והיא אסורה.

- החלקה או התהפכות ציוד.....(*) "אזור מסוכן"

- שבר או דליפה בצינור דלק או גז.....(*) "אזור מסוכן"

- צינור מפלט שבור.....(*) "אזור מסוכן"

(*) השימוש בציוד אסור

ב. **צנרת ותעלות תלויות:** יש לחפש סמכים שבורים. סמכים שבורים עלולים להוביל לכשל בשרשרת (אפקט דומינו) של סמכים אחרים ולהתמוטטות.

• כשל בסמכים מרובים..... "אזור מסוכן"

• כשל במספר קטן סמכים באופן לא סדיר..... "מוגבל בשימוש"

ג. **ציוד מכאני וחשמלי אחר:** מאחר והמטרה העיקרית בסקירה היא מניעת פגיעה נוספת בנפש, יש לבדוק אם הציוד מהווה סכנת נפילה או פגיעה אחרת לאנשים בסביבתו. בדוק נקודות עיגון של ציוד תלוי, ציוד גבוה ופריטים אחרים שעלולים ליפול ברעידה חוזרת.

• קיימת סכנת נפילה..... "אזור מסוכן"

ד. **זיגוג:** זכוכית סדוקה או שבורה חלקית עלולה להתנפץ. רצוי לפנות אנשים מאזורי זכוכית שבורה למען בטיחותם.

• סכנת נפילה של זכוכית..... "אזור מסוכן"

9.2.7 מעליות – רשימת ביקורת

רקע

המעליות מהוות בחברתנו חלק בלתי נפרד מהמערכות בבנינים גבוהים ואנו פוגשים בדרך כלל את המעליות בבניני מגורים מעל 3 קומות, בבנינים ציבוריים במבני תעשייה ועוד. בעצם המעליות מהוות תנאי הכרחי להקמת מבנים גבוהים ואנו תלויים בקיום המעליות ופעולתן התקינה כדי לקיים חיים סדירים ונוחים. לכך מתווסף אף הדרישות לנגישות במבנים ציבוריים, שהמעליות מהוות חלק חשוב מהן.

סוגי המעליות

המעליות הנפוצות ביותר – במיוחד במבנים גבוהים – הן המעליות חשמליות, בהן תנועת המעלית מתבצעת ע"י מכונה חשמלית שבקצהו מותקן גלגל הנעה עם נעיצים עבור כבלי התילוי. בקצוות כבלי התילוי מותקן התא בצד אחד והמשקל הנגדי בצד השני ותנועת המעלית – מעלה או מטה – נוצרת ע"י כיוון סיבוב המכונה והחיכוך בין הכבלים לבין גלגל ההנעה. קיים יחס בין משקל התא הריק או עמוס לבין משקל המשקל הנגדי, המביא לחסכון באנרגיה ובכך בגודל המכונה וכיו"ב.

היום קיימות בבנינים גבוהים מעליות מהירות מאוד, מעל 7 מ"ש' כדי לאפשר לנוסעים להגיע ליעדם תוך זמני נסיעה סבירים. כמו-כן ישנם בנינים, בהם מבקרים אנשים רבים, מספר מעליות, שאף עובדות בשילוב ביניהן כדי להקטין את זמני ההמתנה להגעת מעליות לתחנות, בהן ממתנים הנוסעים.

קיימת שיטת הנעה שונה, קרי המעליות ההידראוליות, בהן תנועת המעלית נוצרת ע"י בוכנה הידראולית לתוכה נדחס שמן הידראולי ממשאבה ובכך הפיסטון מעלה את תא המעלית ואילו הוצאת השמן מהבוכנה מורידה את התא. למעלית מסוג זה יש יתרון בכך שהן מייתרות את הצורך בחדר מכונה מעל הפיר, כפי שנדרש עבור המעלית החשמלית. לעומת זאת קיימת כמובן הגבלה לגבי גובה ההרמה, לכן המעליות ההידראוליות קיימות בעיקר בבנינים עד 4 או 5 תחנות.

עם ההתפתחות הטכנולוגית, התקדמו גם מערכות הפיקוד של המעליות המודרניות והיום המעליות מבוקרות ע"י מיקרופרוססורים, בקרים אלקטרוניים ואף מחשבים, מה שמספר מאוד את הביצועים של המעליות, נוחיות הנסיעה ועוד.

בטיחות

לא נדרשת הכשרה, הדרכה או רשיון כדי לנסוע במעלית, ולכן היא חייבת להיות בנויה ולפעול כך שלא נשקפת סכנה לנסוע או לאדם הממתין למעלית. כדי להבטיח זאת, קיימת בארץ וכמובן גם בארצות אירופה, ארצה"ב תקנים מחמירים בנוגע למבנה המעלית ומערכות הבטיחות שלה,

שחייבים להתקיים בתנון המעלית, בהרכבתה ואף לאורך חייה. לכן לפי החוק, כל מעלית חייבת להיבדק ע"י בודק מוסמך למעליות, שהוסמך למטרה זו. מעבר לכך, כל מעלית חייבת להיות מטופלת באופן סדיר ותדיר ע"י טכנאי מעליות, הפועל מסגרת חברת שירות למעליות.

נסקור כמה מדרישות הבטיחות אם לא כולם. ע"מ למנוע אפשרות של נפילה לתוך הפיר מחד והלכדות בחלקים הנעים בתוך הפיר, הפיר חייב להיות אטום וכל דלתות הפיר – בין אם הן מדגם "דלתות כנף", הנפתחות ידנית או דלתות אוטומטיות הנעות באופן אופקי ונפתחות/נסגרות ע"י מנוע חשמלי על התא, חייבות להיות סגורות ונעולות עם בקרה שאכן הסגירה והנעילה בוצעו. אי-לכך, המעלית לא תפעל אלא אם כל הדלתות בכל הקומות אכן נסגרו ואם תוך כדי הנסיעה מסיבה כלשהי דלת נפתחה, המעלית נעצרת.

קיימת אפשרות לחלץ נוסעים שנתקעו במהלך הנסיעה כתוצאה מתקלה, הפסקת חשמל וכו'. פעולה זו מתבצעת מחדר המכונה ע"י פתיחת בלם המכונה והבאת המעלית ידנית לתחנה הקרובה. פעולה זו יכולה להתבצע ע"י אדם מתוודך, אם כי במעלית מסובכות יותר, פעולת החילוץ חייבת להתבצע ע"י טכנאי מעלית.

יצוין כי גם המעלית וגם התא מובלים במסלול אנכי באמצעות מובילים או פסים, המונעים סטייה מהתנועה האנכית של שניהם, זאת כדי למנוע כל אפשרות של התנגשות שני האלמנטים, שהרי נעים אחד מול השני והתנגשות ביניהם היה יכול לגרום לתוצאה חמורה למדי.

קיים סיכון מהותי אם כבלי התילוי (כולן) נקרעים או גל המכונה במעלית חשמליות נשבר. במקרה כזה, התא בעצם יכול להתדרדר למטה ולהתרסק בתחתית הפיר על כל נוסעיו. כדי למנוע תופעה מחרידה זו, כל מעלית מצוידת בהתקן הקרוי "התקן תפיסה", שיפעל אם מהירות הירידה של התא גובר על ערך מסויים ובמקרה זה אותו התקן פועל ונועל את התא כלפי המובילים ובכך מונע המשך הנפילה כלפי מטה.

השפעת רעידת אדמה על המעלית

התרחשות רעידת עלולה להביא לנזקים במערכת המעלית אף עם נזקים חמורים ולפציעתם של הנוסעים, כגון:

- הפסקת חשמל מקומית או כללית, המחייב ביצוע חילוץ ידני של הנוסעים במעלית.
- התהפכות המכונה, המונע או לפחות מקשה מאד את חילוץ הנלכדים במעלית.
- התעקמות דלתות הפיר או משקופיהן, המונע פתיחת הדלתות לצורך חילוץ הלכודים.
- נפילת גושי בטון על גג התא ואף חדירתם לתוך התא.
- השתחררות המשקל הנגדי ו/או התא מהמובילים כתוצאה מכוחות אופקיים בעת הרעידה וכתוצאה מכך התנגשות בין התא לבין המשקל הנגדי אם וכאשר המעלית מופעלת לאחר התרחשות הרעידה.

מתוך רשימה זו, התופעה השכיחה ביותר הנה השתחררות המשקל הנגדי מהמובילים, דבר שכאמור מהווה סכנה בעיקר לאחר הפעלת המעלית אחרי הרעידה (כמובן בתנאי שניתן להפעילה). יצוין כי תופעה זו – השתחררות המשקל הנגדי מהפסים – לא ניתנת לאבחנה מבחוץ, אלא רק ע"י בדיקה בתוך פיר המעלית.

בנוסף, יש לזכור כי רעידת אדמה עלולה לגרום בו-זמנית לתקלות במספר רב של מעליות עם דרגות סיבוב שונות ויהיה קושי בחילוץ מאותן המעליות, הרי פעולת אלה דורשות נוכחות טכנאי מעליות, שאין בהכרח בנמצא במספרים הדרושים.

חילוץ לכודים במעליות והשמשתן

- לאחר התרחשות רעידת אדמה, יש בראש ובראשונה לחלץ אנשים שנלכדו בתוך המעליות באזור. ניתן ראשית כל לנסות ולבצע חילוץ "רגיל", כפי שמופיע בהוראות החילוץ בחדר

המכונה. היה וניסיון זה לא צלח, יש להתקשר לחברת המעליות הרלוונטית ולבקש הגעת טכנאי. יש לידע את הנוסעים הלכודים על כך ולהסביר כי עלולה להיות זמן המתנה ניכר.

- לצורך מתן אישור להשמיש את המעלית מחדש לאחר רעידה, יש לבצע בדיקת מערכות המעלית ע"י טכנאי מעליות. זאת כדי לוודא שהמעלית תקינה וכשירה לשימוש. כאמור, **אין להסתמך על בדיקה ויזואלית חיצונית**, אלא טכנאי מעליות חייב לוודא שלא נגרמו נזקים הן בחדר המכונה והן בתוך הפיר.
- בתקן הישראלי למעליות (המבוסס על התקן האירופאי) אין התייחסות ספציפית לבניית מעליות באזורים סייסמיים (בניגוד לתקן הקליפורני, לדוגמה) והכנסת דרישות כאלה היתה מקטין את התופעות, שהוזכרו לעיל. לפיכך, ניתן לצפות לנזקים משמעותיים במעליות לאחר רעידת אדמה חזקה.
- ישנן אפשרויות טכניות להתקין גלאי, המזהה התחלה של רעידת אדמה ומביא את המעלית לתחנה הקרובה בכיוון הנסיעה ופותח את הדלתות ונשאר שם, ע"מ לאפשר לנוסעים בה לצאת מבלי להילכד בתוך המעלית.
- **שימוש חוזר במעליות לאחר רעידת אדמה יותר רק לאחר ביקורת של מהנדס מעליות מוסמך.**

רשימת ביקורת למעליות

להלן ניתנות הנחיות כלליות לביקורת מעליות המבוססות על נזקים טיפוסיים עקב רעידת אדמה. בכל מקרה על צוות הסוקרים לבדוק את רכיבי המעלית הגלויים לעין (לדוגמה: דלתות, חדר מכונות וכדומה) ובכל מקרה של חשש לסכנת נפילה, כבלי חשמל חשופים וכדומה, יש לתייג את המעלית בהתאם.

מעליות חשמליות ניזוקות לעתים קרובות יותר ברעידת אדמה. נקודות ביקורת למעלית חשמלית נתונות בתרשים 9.3, וקיום מנחים לביקורת נתונים להלן.

א. **כללי:** ככלל, אין להשתמש במעליות לאחר רעידת אדמה. אם ישנו חשד לנזק יש לתייג את דלתות המעלית ולוחות הבקרה כדי למנוע שימוש במעלית או הפעלת מפסק האופוס.

- חשד לנזק במעלית.....(**) **"מבנה מסוכן"**
- (**) **יש לציין במפורש על התג "מתייחס למעלית בלבד"**

ב. **מתקנים להגנה סייסמית:** מעליות חשמליות רבות באזורים סייסמיים (במיוחד בקליפורניה) מאובזרות במנגנוני התראה על פעילות סייסמית. הפעלת המערכת תגרום להוצאת המעלית משימוש עד לבדיקה על ידי מהנדס מעליות מוסמך ותיקון (אם נדרש).

- הפעלת מערכת להגנה סייסמית (אם קיימת).....(**) **"מבנה מסוכן"**

ג. **משקולות נגד:** במעליות חשמליות, החשש הגדול ביותר לבטיחות השימוש הוא סטיית משקולות הנגד מהפסי ההנחיה. נסיון העבר (בקליפורניה) מראה כי זה אופן הכשל הנפוץ ביותר במעליות מסוג זה וגם בעל רמת סיכון החיים הגבוהה ביותר. החשש העיקרי הוא שמשקולות הנגד יפלו במהירות גבוהה על תא הנוסעים ויגרמו לפגיעה במשתמשים. מהירות יחסית בין התא ומשקולות הנגד של מעל 1000 מטר לדקה נפוצות במעליות מודרניות בבניינים רבי קומות. משקולות נגד שסטו מהפסים עלולות גם לפגוע בקורות, תמוכות של המסילות והכבלים (תרשים 9.4).

- משקולות נגד סוטות מהפסים.....(**) **"מבנה מסוכן"**
- תמיכות שבורות.....(**) **"מבנה מסוכן"**

ד. **מנוע המעלית:** בחדר המכונות, בדוק את המנוע, לוח בקרה וציוד חשמלי אחר לסימנים של כשל בעיגון של המערכת בכללותה. בדוק גם אם ישנם כבלים שיצאו מהגלגלות.

- כשל בעיגון של ציוד מכני או חשמלי של המעלית.....(**) "מבנה מסוכן"
- כבלים יצאו מגלגלות.....(**) "מבנה מסוכן"
- ה. **דלתות המעלית:** דלתות מעלית נתקעות לעתים כתוצאה מהסטה קומתית גדולה או נזק אחר. בדוק כל דלת לסימנים של עוות או נזק אחר.
- נזק לדלתות המעלית.....(**) "מבנה מסוכן"

9.2.8. גורמי סיכון נוספים – רשימת ביקורת

יש לבדוק לנוכחות גורמי סיכון אחרים. מספר גורמי סיכון מפורטים להלן.

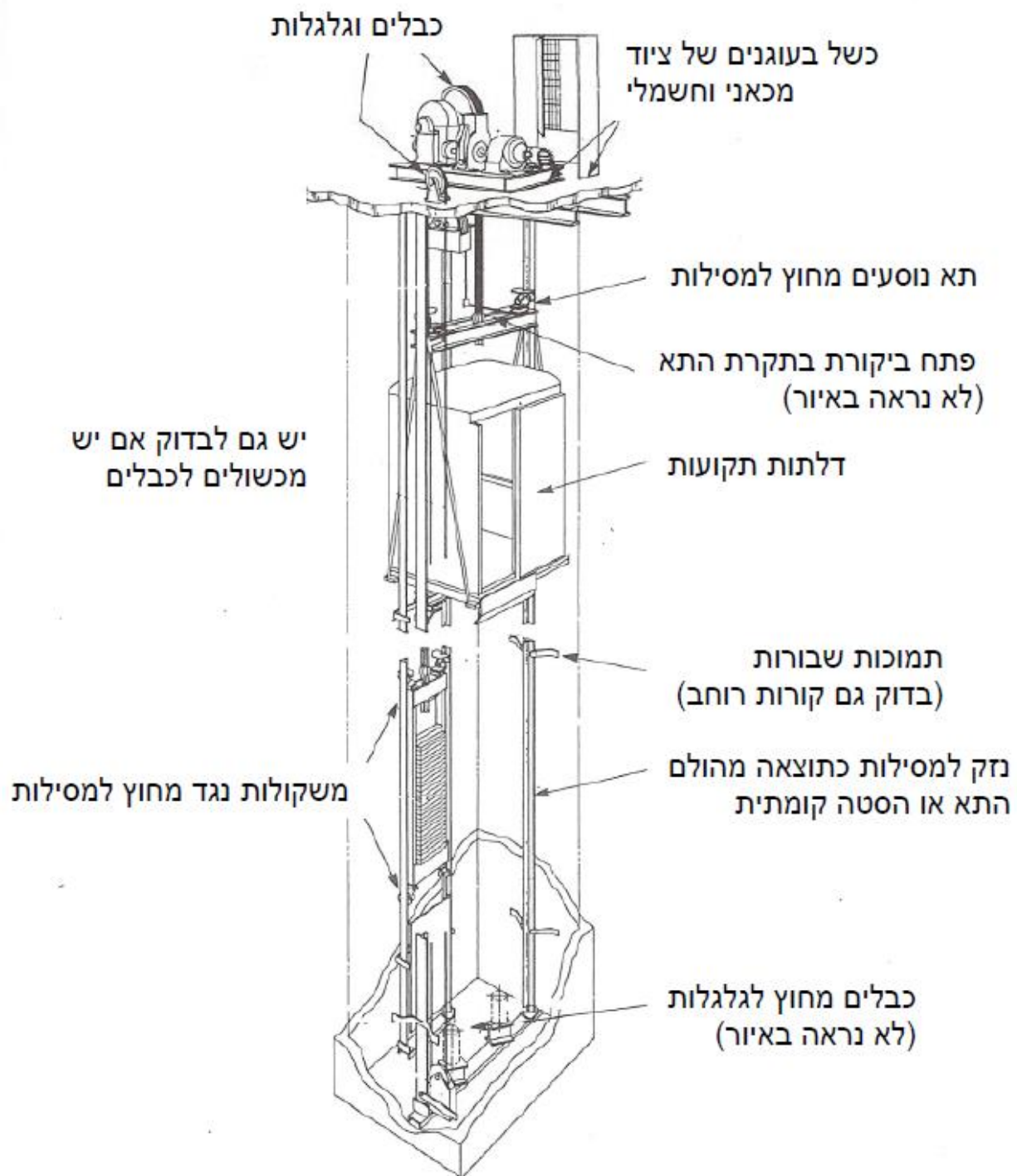
- א. **אזורי אחסון של כימיקלים או חומרים דליקים:** ראה פרק 12.
- השפכות או דליפה של חומר מסוכן או חשוד כמסוכן..... "אזור מסוכן"
 - ב. **מיכלי אחסון, מיכלי לחץ וצנרת:** במתקני תעשייה ובמעבדות ישנם לרוב מיכלי אחסון או מיכלי לחץ המכילים כימיקלים או גזים. מיכלים או כלים אלה עשויים מפלדה, מפלדת אל-חלד, אלומיניום או פיברגלס. חשוב לבדוק אותם ואת הצנרת המחוברת איליהם לאיתור דליפות ונזילות. במידה והתגלו נזילות, ראה הדרכה בפרק 12 לגבי מהאמצעים שיש לנקוט.
 - דליפת חומר לא ידוע ממכל, מיכל לחץ או צנרת..... "אזור מסוכן"
 - ג. **ציוד לגילוי וכיבוי אש:** אכלוס מבנים, במיוחד בנינים רבי קומות, הוא מסוכן אם ציוד כיבוי אש (לדוגמה, ספרינקלרים) או ציוד גילוי והתראה (לדוגמה - גלאי חום ועשן) אינם תקינים. יש להתיעץ עם רשויות כבוי אש במקרה והמערכות אינן מתפקדות.
 - ציוד לכיבוי אש או גילוי והתראה מאש אינו פועל..... "אזור מסוכן"
 - ד. **קוי מתח עילי שנפלו:** במידה ונפלו קוי מתח עילי, יש להודיע מיידית לרשות החרום המקומית ולחסום את האזור למניעת גישה.
 - קוי מתח עילי שנפלו..... "אזור מסוכן"
 - ה. **מדרגות ויציאות:** חדרי המדרגות צריכים להיות בטוחים מבחינה קונסטקטיבית, דרכי מילוט פתוחות ודלתות יציאה שמישות.
 - גורם סיכון במדרגות, דרכי מילוט או דלתות יציאה..... "אזור מסוכן"
 - כל היציאות חסומות או לא ניתנות לשימוש..... "אזור מסוכן"
 - ו. **קומות גישה מוגבהות:** כגון רמפות או משטחי סיפון מוגבהים (Deck). יש לחפש סימנים לתזוזה צידית או נזק אחר שעלול להוביל להתמוטטות.
 - סכנה להתמוטטות משטח מוגבה..... "אזור מסוכן"



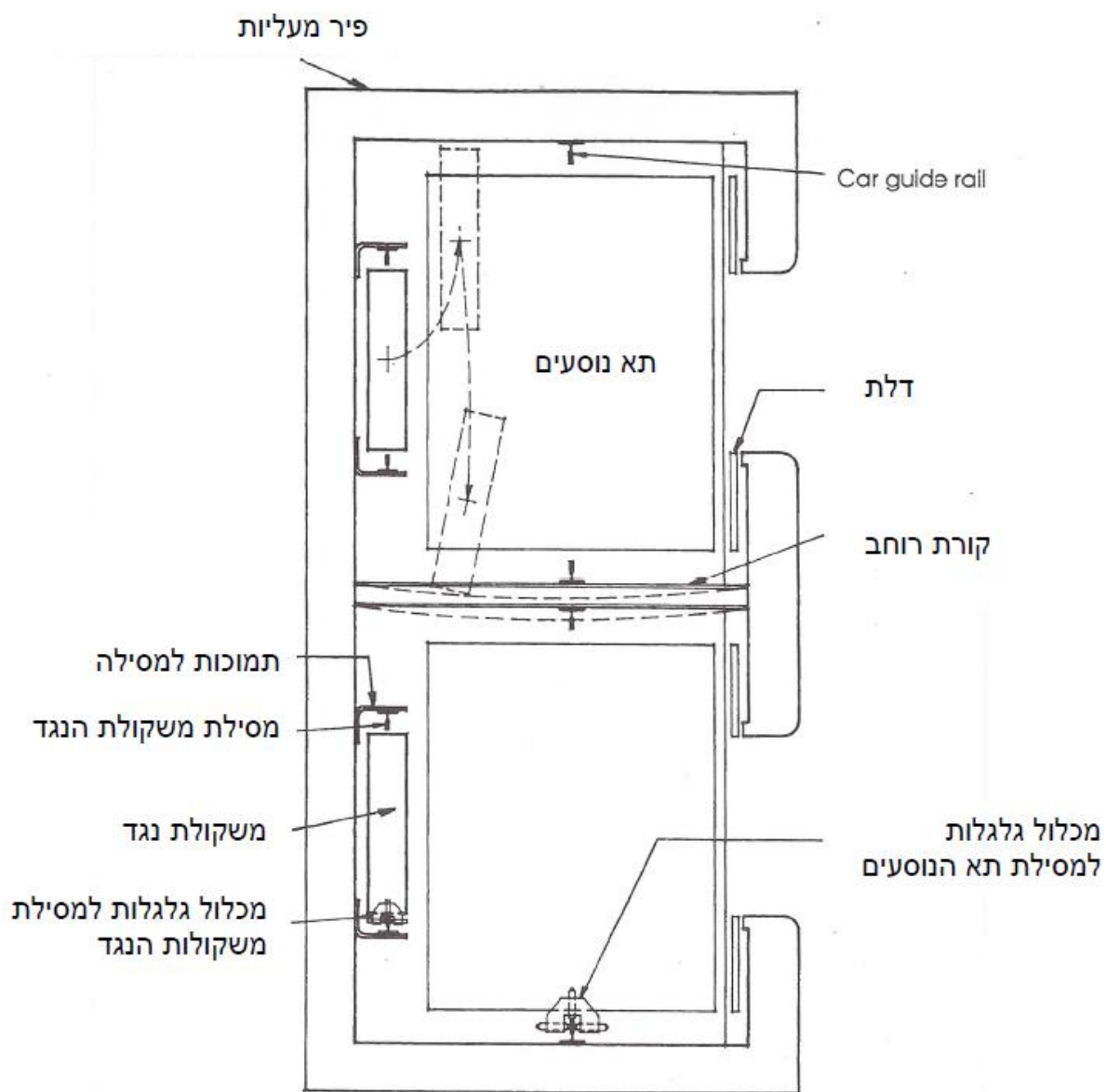
תרשים 9.1 התמוטטות חלקית של פרגולות וציפוי אבן ברעידה בהוואי 2006 מהווה גורם סיכון לנפילה ברעידה נוספת. גישה לאזור הסמוך לקיר נחסמה על ידי סרט סימון.
EERI Special Earthquake Report – December 2006, “Preliminary Observations on the Hawai`i Earthquakes of October 15, 2006”



תרשים 9.2 התמוטטות תקרות אדריכליות תלויות היו נפוצות עקב רעידת האדמה בהוואי 2006. גופי התאורה והצנרת התלויים מהווים גורם סיכון לא מבני.
EERI Special Earthquake Report – December 2006, “ Preliminary Observations on the Hawai`i Earthquakes of October 15, 2006 “



תרשים 9.3 נקודות ביקורת למעלית חשמלית טיפוסית. הביקורת תבוצע על ידי מהנדס מוסמך לבדיקת מעליות. (לפי ATC-20-1)



תרשים 9.4 תכנית טיפוסית של מעלית חשמלית המראה משקולות נגד שיצאו מהפסים. טלול של משקולות הנגד הכבדות עלול לפגוע ולגרום נזק למסילות, קורות רוחב, תמוכות ותא הנוסעים.
(לפי ATC-20-1)

10. נושאים מיוחדים בבקרת מתקנים חיוניים

10.1. כללי

ברעידת אדמה הרסנית, במיוחד במגניטודה 6 ומעלה באזור עירוני, יהיו כפי הנראה נפגעים רבים ומפונים רבים ישארו חסרי קורת גג (ראה פרק 1). השרותים החיוניים הניתנים על ידי המשטרה, מכבי אש, מד"א, בתי חולים, כוחות חילוץ והצלה, מתקני תקשורת חיוניים וכדומה יהיו דרושים באופן דחוף ומתמשך. שירותים אלה יהיו במחסור לפחות למספר ימים לאחר הרעידה ואפילו לשבוע או יותר. כדי לתפקד בצורה היעילה ביותר, ספקי שירותים חיוניים אלה חייבים לפעול מתוך מתקנים ומבנים בטוחים (כלומר שלא יפגעו על ידי רעידות משנה) ולכן עליהם להיות מבוקרים מהר ככל האפשר לאחר הרעידה. מסיבה זאת ואחרות יש לתת תשומת לב מיוחדת למתקנים חיוניים.

מתקנים חיוניים הם אלה הנדרשים באופן הדחוף ביותר במצב החירום לאחר הרעידה. המתקנים החיוניים שתפקודם נדרש בעת הרעידה ולאחריה הנזכרים בתקן הישראלי לתכן עמידות מבנים לרעידות אדמה ת"י 413 כוללים:

- בתי חולים
 - תחנות עזרה ראשונה
 - תחנות משטרה ומכבי אש
 - תחנות כח
- חשיבות הבטחת המשכיות פעילות מתקנים אלה מבטאת בתקן על ידי מקדם חשיבות של 1.4, כלומר הם מתוכננים לעמידה בכוחות רעידות אדמה בשיעור 40% יותר ממבנים רגילים.
- ישנם מתקנים חשובים אחרים שאינם נזכרים בתקן באופן מפורש, שהמשך פעילותם בשעת חירום עשויה להיות חיונית, כוללים בין היתר:

- בתי כלא ומתקני מעצר
 - מתקני בנק ישראל, הכנסת ובנייני ממשל שונים
 - מרכזים ציבוריים המשמשים לריכוז מפונים
 - מתקנים אחרים למתן שירותי חרום
- באופן כללי, רצוי שבקרה של מתקנים חיוניים, במיוחד בתי חולים, יבוצע על ידי מהנדסים שהוכשרו במיוחד למטרה זאת.

10.2. הכנות לבקרה של מתקנים חיוניים

רצוי כי בקרת מתקנים חיוניים תבוצע מייד לאחר הרעידה על ידי צוות מהנדסי מבנים שהוקצו מראש והוכנו למטרה זאת. ההכנה עשויה לכלול לימוד תכניות המבנה, חישובי תכן לרעידת אדמה, דוח"ות קרקע ותמונות מזמן הביצוע. יש גם לסייר במבנה כדי להכירו בצורה פרטנית. מתכנן המבנה המקורי מהווה בחירה מצויינת במידה והוא זמין לשמש כחבר בצוות.

10.3. בקרת מתקנים חיוניים

בבקרה של מתקנים חיוניים יש לקחת בחשבון את הגורמים הבאים:

- א. עדיפות ראשונה לביצוע בקרה: מתקנים ומבנים חיוניים צריכים לקבל עדיפות ראשונה לבקרה ומיון מפורט. יש לשלוח מהנדס מבנים, או עדיף צוות של שני מהנדסי מבנים, לבצע

הערכת בטיחות מפורטת בכל מתקן חיוני. אם לא ניתן לקבוע במהירות את בטיחות השימוש במתקן החיוני- יתכן ויהיה צורך להעתיק את ופעילותו למתקן אחר.

ב. **זמינות תכניות קונסטרוקציה:** בקרת המבנה תהיה יעלה הרבה יותר אם תכניות הקונסטרוקציה (רצוי תכניות מצב קיים As-made). התוכניות יעזרו למהנדסים המבצעים את הסקירה למקם ביתר קלות את אזורי אי-הסדירות, תפרים ונקודות חולשה אחרות, ויאפשרו הערכה מעמיקה הרבה יותר מאשר היה מתאפשר ללא התוכניות.

ג. **ציוד מקובע:** מאחר ומתקנים חיוניים חייבים להמשיך ולתפקד בחירום, יש לבצע ביקורת של הציוד המקובע למבנה ועשוי היה להנזק או לזוז. טבלה 10.1 מתארת פריטים טיפוסיים לביקורת ונקודות להתייחסות בכל אחד, בעוד רשימת תיעוד לביקורת ציוד מקובע נתונה בנספח ג'. יש לציין כי ביקורת הציוד המקובע לא נועדה רק לבדוק כי הציוד עובד, אלא גם לוודא כי אין גורמי סיכון משניים כדוגמת צינורות דלק שבורים או צינור מפלט שבור שיכולים להוביל לדליקה.

ד. **בתי חולים ותחנות עזרה ראשונה:** בתי חולים, מרפאות ותחנות עזרה ראשונה זקוקים לתשומת לב ומשאבי כח אדם מתאימים מיוחדת כדי להבטיח את בטיחותם של החולים המאושפזים ולאפשר קבלה וטיפול בחולים ופצועים נוספים. מתקנים אלה חייבים להיות בטוחים בזמן רעידות חוזרות כי חולים מוגבלים אינם מסוגלים לדאוג לעצמם, ועלולים להיות בסכנת חיים אם הטיפול הרפואי בהם מופרע או מופסק.

בבתי חולים מבוצעות הרחבות, שינויים ותוספות בניה כנראה יותר מכל סוג אחר של מתקן חירום. לא יוצא דופן למצוא בית חולים עם מספר הרחבות, כאשר כמה מהן עשויות להיות בנויות עם מערכות קונסטרוקטיביות שונות. בקרה של כל הקומפלקס המערכת המבנית המורכבת עשויה להוות משימה מסובכת הדורשת מהנדסי מבנים מנוסים, במיוחד כאשר התרחש נזק מבני. אם התרחש נזק משמעותי יתכן ויהיה צורך להגביל את הפעילות בחלקים של בית החולים, להגביל קבלת חולים חדשים או להגביל פעילויות מסוימות. ההנחיות המופיעות בפרקים 3-9 ישימים גם לבתי חולים ולמרכזי עזרה ראשונה. סיווג "מבנה מסוכן" של בית חולים עם אלף עד אלפיים ויותר חולים היא החלטה קשה ומסוכנת- במיוחד לחולים המחוברים למערכות תומכות חיים. מצד שני, אי פינוי מבנה מסוכן עלול לסכן חיי אדם רבים. ביקורת הבטיחות תהיה מהירה וטובה יותר אם תכניות הקונסטרוקציה של המבנה המקורי, התוספות והשינויים ימצאו באתר, ואנשי אחזקה המכירים היטב את המבנה יעמדו לרשות צוות הביקורת בעבודתם. בנוסף לרשימת הציוד בטבלה 10.1 יש לבדוק את תקינות מערכת כיבוי האש.

ה. **תחנות משטרה (בתי כלא ומתקני מעצר):** בנוסף להנחיות המיון למבנים רגילים, תחנות משטרה, מתקני מעצר, בתי כלא וכל מתקן בו עצורים אנשים דורש ביקורת מיוחדת. מאחר והעצירים כלואים ואינם יכולים לפנות את המתקן במקרה של רעידת משנה, חייבים לוודא שאין סכנת התמוטטות או שריפה הנגרמת מהרעידה. יש גם לקחת בחשבון את האפשרות של התמוטטות מבנים או מתקנים סמוכים. יש גם לבדוק את ציוד הכיבוי או להביא מומחה לבדיקתו. כמו במקרה של בתי חולים- גם בתי כלא דורשים שיקולים וטיפול מיוחד בגלל בעיות הקשורות בפינוי עצירים.

ו. **תחנות כיבוי אש:** יש לסקור תחנות כיבוי אש בדומה למבנים אחרים עם מספר דגשים מיוחדים. יש לבדוק את תקינות הדלתות, תריסי הגלילה והפתחים שדרכם יוצאים רכבי כיבוי וכבאים ולוודא שאין הפרעה במעבר. יש גם לקחת בחשבון את האפשרות של התמוטטות מבנים או מתקנים סמוכים.

ז. **תחנות כח:** תחנות כח יבוקרו על ידי מהנדסי מבנים ומהנדסים אחרים מחברת החשמל המכירים היטב את מבנה התחנה, הציוד המותקן בה ותהליכי היצור. יש לתת תשומת לב מיוחדת לחומרים מסוכנים וסכנת שריפה או פיצוץ בעקבות נזק מהרעידה העלולים לגרום לאובדן חיי אדם ולזיהום הסביבה.

טבלה 10.1 שמישות ושיקולי בטיחות לציוד מקובע

פריט	גורמי סיכון עיקריים
דוודי חימום ראשיים	החלקה, צינורות גז/דדק שבורים או מנותקים, צנרת מפלט שבורה, צינורות קיטור או שחרור לחץ שבורים או מכופפים.
ציוד למיזוג-אוויר	החלקה, השבתה, דליפת נוזל קירור
גנרטור חירום	כשל בהתקן מבודדי תנודות ; החלקה ; שבר בקוי דלק, כבלי נתונים או כוח הגורמים להשבתה ; צנרת מפלט שבורה.
מיכלי דלק	החלקה או היפוך, דליפה, צנרת דלק שבורה.
כוננים למצברים	כונן שבור, מצברים שזזו ממקומם, דליפת חומצה.
משאבות מי כיבוי אש	כשל בעוגנים, הסטה בין המשאבה למנוע, צנרת שבורה.
מיכלי מים	החלקה, היפוך, בקיעת מיכל, שבר בצנרת.
ציוד תקשורת	החלקה, היפוך או נפילה הגורמת להשבתה.
שנאים ראשיים	החלקה, דליפת שמן, השבתה.
לוחות חשמל ראשיים	החלקה, היפוך, שבר או נזק בתעלות גוף הלוח.
מעליות (חשמליות)	משקולות נגד מחוץ למסילות, כבלי הרמה מחוץ לגלגלות, ציוד מוסט.
ציוד מקובע אחר	החלקה או היפוך הגורמים להשבתה או פגיעה בציוד סמוך
שיקולים מיוחדים לבתי חולים ותחנות עזרה ראשונה	
ציוד עם קרינה רדיואקטיבית	פריצת הבידוד, זיהום קובלט
אחסון כימיקלים וחומ"ס	דליפה או שפיכה, אדים במערכת האוורור
מיכלי חמצן נוזלי	החלקה או היפוך, דליפה, צנרת שבורה

11. הערכה הנדסית

11.1 מטרת ההערכה ההנדסית

הערכה הנדסית נדרשת כאשר מבנה ניזוק בהיקף רחב עד כדי כך שטכניקת סקירה ויזואלית אינה מספיקה להערכת מצבו והבטיחות לאכלוסו. ההערכה ההנדסית היא השלב השלישי, והמקיף ביותר מבין שלושת שלבי ההערכה, ותבוצע לרוב בשלב השיקום ולא בשלב התגובה הראשונית. יש להדגיש כי ההחלטה על ביצוע מיון הנדסי היא באחריותו של בעל המבנה. תוצאת ההערכה תכלול סווג המבנה כמסוכן עם הנחיות הנדסיות לתיקון ושיקום המבנה או המלצה להריסתו, או לחליפין סווגו כבטוח לאכלוס עם המלצה לתיקונים הנדרשים.

11.2 שיטה ועקרונות לביצוע הערכה הנדסית

לצורך ביצוע הערכה הנדסית נדרש מהנדס מבנים עם ניסיון בהערכה ושיקום מבנים פגועים. במסגרת ההערכה, המהנדס עשוי להזדקק לחשיפת אלמנטי שלד על ידי פירוק חלקים מחיפויים ואלמנטים אדריכליים אחרים של המבנה, ולביצוע בדיקות הנדסיות (הורסות או לא הורסות לפי הצורך). החקירה הטכנית הנדרשת היא בתחום מומחיותו של מהנדס המבנים המבצע את ההערכה ההנדסית ולכן לא ידונו כאן שיטות טכניות פרטניות. המלצות המהנדס נתונות לשיקול דעתו המקצועית ובאחריותו. עם זאת, מסקנות הבדיקה והמלצות המהנדס הבודק חייבות לעבור את אישור מחלקת מבנים מסוכנים או גוף מוסמך אחר ברשות המקומית לצורך מתן היתר לאכלוס מחדש של המבנה.

בנוסף לסוגיות ההנדסיות, יש לתת את הדעת לנושאים ציבוריים וכלכליים הקשורים למדיניות השיקום- שהם מעבר לשאלות הטכניות לגבי מצבו של מבנה זה או אחר. לדוגמה, כאשר רעידת אדמה הרסנית מתרחשת, שיעור הנזקים במבנים ישנים יהיה גדול אך גם מבנים חדשים יותר עלולים להינזק. מצב זה מעלה בעיה קשה: במסגרת מדיניות השיקום שבמסגרתו בעלי מבנים מסוכנים (מסווגים כ- "מוגבל בשימוש" או "מבנה מסוכן") יחויבו לתקן או לשדרג את מבנה, מהם הקריטריונים להחזרה לשירות של מבנים ישנים שניזוקו? האם יש לשקם אותם למצבם לפני הרעידה (בו הם אינם עומדים בדרישות התקן הנוכחי לתכנון מבנים לרעידת אדמה), או שיש לשדרגם לעמידה בדרישות התקן? אם כי תשובות לשאלות מורכבות אלה הן מעבר לתחום מסמך זה, ועשויות להיות שונות במדינות או אף ברשויות מקומיות שונות, מספר היבטים ושיקולים כלליים נידונים להלן.

11.3 שיקולים לשיקום או שידרוג מבנים פגועים

גישה אחת למדיניות להחזרה לשירות של מבנים ישנים פגועים, היכולה להיות ישימה לכל סוגי המבנים, היא לבסס את היקף התיקונים על מדד רמת הנזק (DF (Damage Factor המבטא את היחס בין עלות התיקון לעלות השחלוף של המבנה (ראה גם סעיף 1.1). לדוגמה, קריטריונים לשיקום או חיזוק מבנים שנפגעו משריפה המבוססים על תקן הבניה של לוס-אנגלס מ-1985 מתוארים במסמך ATC-20-1 כדלהלן:

רמת תיקון נדרשת	רמת מדד הנזק DF
התיקון יחזיר את מצב המבנה לקדמותו	10% או פחות
החלק הניזוק ישודרג לרמת תקן נוכחי	יותר מ-10%
כל המבנה	יותר מ-50%

גישה פשטנית זאת מעלה בעיות רבות, לדוגמה: היא אינה מבדילה בין נזק למערכת הקונסטרוקטיבית או נזק אחר; בניגוד לנזק מאש שעשוי להיות בעל אופי מקומי, נזק מרעידת

אדמה הוא לרוב גלובאלי ושדרוג מקומי אינו מתאים; היא לא לוקחת בחשבון את העובדה שעלות השלד היא קטנה יחסית לעלות הכוללת של המבנה; ובעייתית במיוחד כאשר הנזק נגרם ברעידה במגניטודה קטנה באופן משמעותי מרעידת התכן הצפויה. לדוגמה: אם הנזק הוא לא מבני בעיקרו (אלמנטי חיפוי, זיגוג, מחיצות וכדומה) והמערכת הקונסטרוקטיבית לא נפגעה, האם מוצדק לחייב שדרוג קונסטרוקטיבי של המבנה? או לחליפין אם קיים פגם מהותי במערכת ההקשחה (לדוגמה קומת עמודים חלשה וגמישה ללא אלמנטי הקשחה מספיקים) ועלות תיקון הנזקים קטנה מ-10% מעלות השחלוף האם מוצדק לא לדרוש חיזוק של קומת העמודים המהווה נקודת תורפה של המבנה כולו אפילו אם עלות החיזוק עולה על 10%?

גישה חלופית למדיניות שיקום או שדרוג יכולה להיות מבוססת על דרישה שהמבנה המתוקן/מחוזק יעמוד בדרישות מינימום של חוזק או קריטריון אחר. נוהל כזה עשוי להיות שונה ממקום למקום בהתאם לשיקולים מקומיים (הנדסיים ואחרים) והכלים ההנדסיים הזמינים להערכת הנזקים. מצב הידע העדכני בנושא מבוטא כפי הנראה בהמלצה לעדכון המדיניות הקיימת בסן פרנסיסקו ובסביבתה, לתיקון ושדרוג מבנים שניזוקו לאחר רעידת אדמה (CAPPs Task 3, 2010).

המדיניות הקיימת מבוססת על שני גורמים עיקריים: דרישות מינימום לעמידות ברעידת אדמה, וסף נזק לשדרוג סייסמי.

1. **דרישות מינימום לעמידות ברעידות אדמה:** המבנים מחולקים לשתי קבוצות: מבנה עומד בדרישות לעמידות לרעידת אדמה (Compliant) או לא עומד בדרישות (Non-Compliant). מבנים העומדים בדרישות הם מבנים שנבנו או חוזקו לעמוד בדרישות התקן הנוכחי, אך כוללים גם מבנים שתוכננו לפי תקן מודרני קודם לעמידות לרעידות אדמה (תקן סן פרנסיסקו מ-1973 ומאוחר יותר), ומבנים אחרים שמוכח חישובית שהם עמידים מספיק לרעידות אדמה מבחינת סיכון לחיי אדם. כל המבנים האחרים אינם עומדים בדרישות.

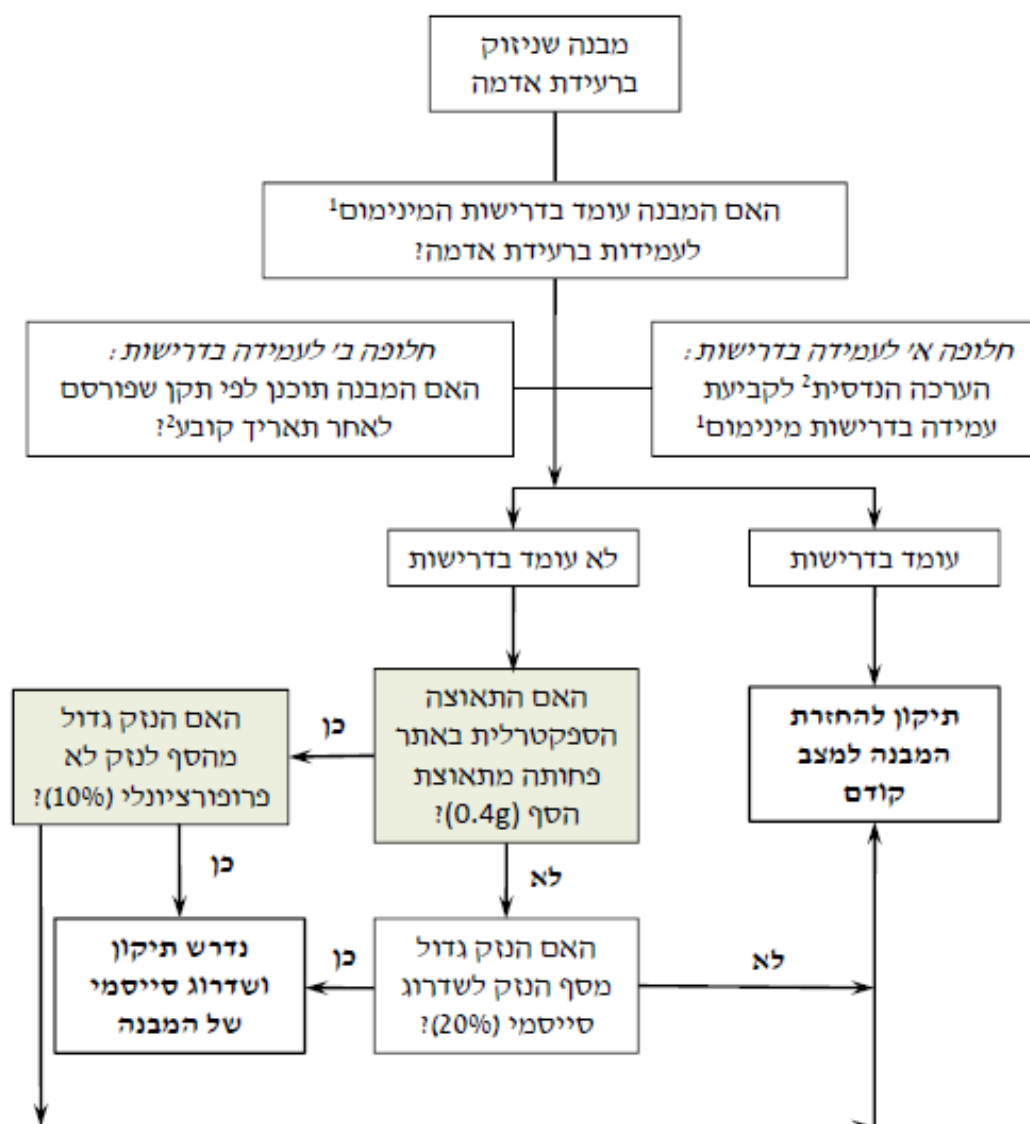
2. **סף נזק לשדרוג סייסמי:** נזק למבנה מרעידה חלשה (לא הרסנית) המתרחשת מעת לעת (בקליפורניה) מהווה מדד טוב לעמידות הסייסמית של המבנה. דרישת סף הנזק (Damage Trigger) המקובלת היא של 20% (מעלות השחלוף), כאשר מעליה מבנים שאינם עומדים בדרישות המינימום נדרשים לשדרוג סייסמי, ומתחתיה מותר לשקמם למצבם המקורי.

ההצעה היא לעדכן ולעצן את הקריטריונים כדלהלן:

- **סף הנזק שונה לפי סוג המבנה,** כדי לשקף שוני במדיניות לשדרוג סייסמי לפי יעוד המבנה ומשתנים אחרים. לדוגמה, במבני מגורים חד-קומתיים לרוב לא נדרש שדרוג מבחינת סיכון לחיי אדם ולכן סף הנזק לשדרוג יכול להיות גבוה יותר מאשר במבני ציבור.
- **פירוט סף הנזק לפי עוצמת הרעידה.** לדוגמה, נזק בינוני עד קשה בעוצמת רעידה קלה ($<0.2g$) מעיד על עמידות סייסמית ירודה וידרש שדרוג סיימי, בעוד שבמבנים שניזוקו באופן בינוני ברעידה חזקה ($>0.4g$) לא יידרש שדרוג. הגדרת עוצמת הנזק צריכה להיות מדויקת וכמותית ככל האפשר, ולא רצוי להסתמך על הערכות איכותיות.
- **סף נזק לא פרופורציונלי (Disproportionate Damage Trigger)** הוא מושג הנדסי חדש שהוכנס כדי לאפשר קביעה של סף נזק שונה עבור סוגי מבנים שונים, תוך שימוש בקריטריון הנדסי, בנוסף על דרישת סף הנזק של עלות הנזק שנדון לעיל. הסף לנזק לא פרופורציונלי מוגדר כהקטנה של 10% בתסבולת לכוחות אופקיים של קומה כלשהי עקב רעידה באתר עם תאוצה ספקטרלית בזמן מחזור קצר (Short Period Spectral Acceleration) של לא יותר מ-0.4g.
- **דחיית מועד היעד לשיקום במבנים בטוחים לאכלוס.** על מנת לאפשר הקצאת משאבים ציבוריים נכונה יותר, מומלץ לדחות את מועד היעד להשלמת לשיקום או שדרוג מבנים

שסווגו "בטוח לאכלוס" (ואף "מוגבל בשימוש" במקרים מסויימים) במיון ראשוני או מפורט. אין בהכרח קשר בין סווג בטיחות לאכלוס של מבנה בתהליך המיון (קריטריון הנדסי) לבין הדרישות לשיקום או לשדרוג סייסמי (קריטריון כלכלי).

תהליך המוצע על CAPPS Task 3 לקבלת ההחלטה לגבי שיקום למצב קודם או שדרוג סייסמי מתואר סכמטי בתרשים 10.3. המלבנים הלבנים מתארים את הנוהל הקיים בעוד החלקים האפורים מהווים תוספות המוצעות. מסמכים מנחים לתיקון ושדרוג סייסמי של מבנים כוללים בין היתר את המסמכים FEMA 309, 1999 ואת ASCE/SEI 41-06, 2007.



הערות

1. דרישות המינימום עשויות להיות שונות בין רשות מקומית אחת לשנייה. התקן המשמש להערכה של מצב המבנה עשוי להיות שונה מהתקן המשמש לתיקון או שדרוג המבנה.
2. הרשות המקומית עשויה להגדיר תאריך של פרסום גרסה מסוימת של תקן לעמידות לרעידת אדמה כתאריך הקובע לעמידות המבנה בדרישות המינימום. לחליפין ניתן להגדיר נוהל קובע להערכה הנדסית לצורך קביעת העמידות בדרישות המינימום.

11.1 תרשים זרימה למדיניות התיקון או שדרוג סייסמי של מבנים בסן פרנסיסקו, קליפורניה לפי הצעת 2010 CAPPS Task 3.

השיקולים לשיקום או שדרוג מבנים לטווח ארוך עשויים להיות שונים מהשיקולים להחזרת מבנה לשירות לתקופה מוגבלת לאחר הרעידה כחלק מהתגובה המיידית ובניסיון להקטין את מספר המפונים. כללית, הגורמים ההנדסיים דלהלן עשויים להשפיע על ההחלטה אם מבנה עם נזק מבני יוחזר לשירות לתקופת ביניים מייד לאחר רעידה הרסנית:

- **עומס קבוע ושימושי :** המבנה יהיה מסוגל לעמוד במלוא העומס הקבוע והעומס השימושי התקני. יתכן וידרשו תמיכות זמניות באזורים מסויימים.
- **עומס רוח :** המבנה יהיה מסוגל לעמוד במלוא עומס הרוח התקני על המבנה בכללותו או על חלקים ממנו (כלומר מעקות וגגונים).
- **עומס רעידת אדמה :** יש להראות שלמבנה יש מערכת הקשחה מתפקדת. ניתן להשתמש בנהלים להערכת תסבולת מערכת ההקשחה כגון ATC-14 או FEMA-306 ו-FEMA-307 עבור מבנים מבטון וקירות בני.
- **סכנת נפילה :** אין אלמנטים בסכנת נפילה, או סכנת נפילה מבוטלת על ידי תמיכה, תיקון או הסרה של אלמנטים.
- **גורמי סיכון גיאוטכניים :** לא קיימים.
- **אכלוס (גורם חשיבות) :** מבנים המאכלסים מספר אנשים גדול, כגון אולמות להתקהלות ציבורית, או מתקנים העלולים לגרום לנזק חמור בסביבתם יעמדו בסטנדרטים גבוהים יותר של עמידות לרעידת אדמה מאשר מבנים אחרים, וזאת עקב סיכון גבוה יותר לחיי אדם.

12. התנהגות אוכלוסיה אחרי רעידת אדמה

12.1 דפוסי התנהגות לאחר אסון

רעידת האדמה מהווה אירוע חריג בשגרת האנשים. יתרה מכך, רעידת האדמה מהווה עבור האנשים אירוע טראומתי עקב סיבות הבאות:

- א. מדובר בתופעת טבע, אירוע שמתרחש "מלמעלה" כלומר אחד שלא ניתן לעמוד בפניו. תחושת חוסר האונים.
- ב. מדובר באירוע בעל עוצמה גדולה, "איתן טבע".
- ג. מדובר באירוע פתע במיוחד כשהרעידה מתרחשת בשעות הלילה.
- ד. גם אם ביתם של האנשים לא נפגע ולא נפגעו קרובי המשפחה או השכנים, אנשים מושפעים ממראות של נפגעים באזורים אחרים ומתחילים לחשוש להתרחשות אירוע אשר יפגע גם בהם.
- ה. אירוע גדול גם מלווה בחוסר הטיפול המסודר מצד השלטונות לפחות בשעות הראשונות – גם גורם זה משפיע על התנהגות האנשים. אנשים מרגישים חוסר בטחון בעיקר בנוגע לתחושה שמחלצים לא יגיעו אליהם.
- ו. אדם שנפגע באסון, חווה הרס אדיר, הינו עד ראיה לפגיעה ומוות של אנשים קרובים או רחוקים. האדם נדרש לקבל החלטות קשות לגבי הצלתו שלו ושל אחרים.

בדרך כלל, לאחר שלב התגובה המיידית נצפות פעולות לחילוץ עצמי של אנשים, סיוע לאחרים (גם במעגל הקרוב – השכנים וגם במעגל הרחוק יותר – תרומות לנפגעים והתנדבות לסיוע). אנשים שמכירים שלהם או קרובי משפחותיהם נמצאים באזור הנפגע מתחילים בחיפוש הקרובים או בנסיונות לאיתור הרכוש במבנים שנפגעו.

התגובות הראשוניות של האנשים הינם חרדה, חוסר אונים, בלבול אמוציונלי, חוסר תקווה, קהות חושים, שיתוק, "שוק", ואפילו תגובות פיזיולוגיות כגון רעד, דופק מהיר, קושי לנשום, בחילות, הקאות וחוסר נשימה.

יחד עם התגובות הנ"ל, מתחילות להופיע תגובות התמודדות – פעולות התגוננות, בריחה מהסכנה, איסוף מידע ושימור הסדר.

לנורמות התנהגות החברתיות השפעה רבה על התנהגות האנשים. קשרים קבוצתיים ומשנים כאחד נשמרים ומשפיעים על התנהגות הפרט.

פאניקה – מהווה אחד המיתוסים הנפוצים. מירב המחקרים שנעשו באזור האסון מוכיחים כי לא קיימת פאניקה בעת האירוע. ברוב המקרים הציבור לא מאבד שליטה.

רעידות המשנה יוצרות חרדה גדולה ומזכירות מחדש את האירוע הגדול. לעתים, מתפשטות השמועות על כך שהרעידה הגדולה עוד לפנינו. בהיעדר מידע מסודר נפוצות שמועות רבות כגון שמועות על צונאמי גם במקומות שבהם אין בסיס להתרחשותו.

רב האנשים יחזרו לבתיהם לקחת את הציוד, גם אם ההוראות המפורשות יאסרו כניסה לבית. יחד עם זאת, רב האנשים לא יחזרו לגור בבתיהם גם אם אושר להם הנושא מחשש לקריסה וישארו בשטחים פתוחים לפחות לתקופה מסויימת.

עובדים זרים ומהגרים לא חוקיים ישתדלו להימנע מהרישום ע"י גורמי הממשל ובכך ימנעו מקבלת עזרה.

מתקיימת תופעה של התפנות עצמית – אנשים רבים פשוט עוזבים את אזור האירוע ועוברים לאזור בטוח יותר מבחינתם, כלומר כזה שלא נפגע (חשוב לציין שעקב מימדי המדינה, תופעה זו תהיה מוגבלת).

לאוכלוסיה הנפגעת קיימים צרכים רבים וביניהם:

- חילוץ לכודים, כיבוי השריפות, טיפול בנפגעים פיזיים ונפשיים, תחזוקת בריאות ותברואה, איתור, זיהוי וקבורת המתים ועוד.
- מידע על הנפגעים נדרש ע"י קורבנות האסון וגם ע"י הקרובים, ידידים, מכרים וכלל האוכלוסיה.
- הצורך לאתר קרובים, בני משפחה ומכרים הינו גדול ביותר ושיבושי התשתיות (תקשורת, חשמל, דרכי הגישה ועוד) מכביד על הצורך הזה. עקב כך נוצרות שמועות שבדרך כלל מכילות מידע קשה ומאיים המופרך מיסודו, או לחלופין, מידע חיובי המבטא משאת לבם של האנשים ולא עובדות מוצקות.
- מזון, מים נקיים לשתייה, אמצעי חימום ודיור, מרכזי המידע הנגישים, אלו רק חלק מהצרכים המבוטאים ע"י הנפגעים.
- צורך בתמיכה נפשית ומוראלית הולך וגדל בהתאם לגודל האבדות בנפש וברכוש.
- טיפול בילדים ללא הורים (אם בשל מוות ההורים או בשל פציעתם או היעדרותם) הוא הצורך ההולך וגדל בהתאם למימדי האסון ומשך הזמן שעבר מהאירוע (מאחר ופתרונות זמניים מתחילים לקרוס)

12.2. תקשורת עם דיירים ובעלי בתים שנפגעו

במהלך עבודתו, סוקר המבנים נדרש למגע עם אוכלוסיה (דיירים ובעלי בתים). חשוב להבין שאנשים אותם יפגוש במהלך עבודתו יחוו מגוון של רגשות ביניהם פחד, חרדה, כעס או ופאניקה. בעוד שמתן שירותים סוציאליים אינו מתפקידו של הסוקר, רגישות מצד הסוקר ונסיון להיות לעזר ולהרגיע ככל הניתן עשויים לסלול את הדרך לסקירה מהירה ו"חלקה" יותר.

נסיון העבר מלמד כי יתכנו תגובות שונות של בעלי בתים או דיירים לתוצאות סווג המנה: מצד אחד ישנם אלה המבקשים ש"בעל סמכות" ירגיע אותם כי ביתם בטוח או כי הוא לא במצב של אובדן גמור. מאידך, ישנם דיירים חשדניים ומסרבים לשתף פעולה, שאיתם טוב ביותר להתמודד בגישה אובייקטיבית, עובדתית וסבלנית. כאשר נדרש סווג "אזור מסוכן" (לדוגמה: סכנת נפילה), יש להסביר את הסיבות לסווג זה לאלה המושפעים מחסימת הגישה לאזור.

רגשות אחרים שהסוקרים עשויים להתקל בהם הם חרדה ופחד. יתכן כי אנשים לא מבינים את הגורמים והמנגנונים של רעידת האדמה והרעידות החוזרות. בנוסף לכך, העדר אינפורמציה על רמת הנזק בסביבה מגבירה את החששות, ורגשות פגיעות, חוסר אונים ופחד. עדכון האנשים לגבי רעידת האדמה ומצב הנזקים בסביבתם עשויה להפיג חששות ולמנוע התפשטות שמועות לא מבוססות.

אנשים גם עשויים לבקש עזרה כאשר הם פוגשים את הסוקרים בשטח, ויתכן כי הסוקר הוא הגורם הרשמי הראשון שאנשים פוגשים לאחר הרעידה. אנשים שנפגעו מהרעידה ירגישו לעיתים קרובות את הצורך לדבר על החוויות שעברו. מאחר והסוקר לא משמש עובד סוציאלי ויש לו עבודה הנדסית חיונית לבצע, חיוני שהסוקר ידע את מיקום מרכזי החירום באזור עבודתו כדי שיוכל להפנות אנשים הזקוקים לכך.

לסיכום, ישנם רק מספר דברים בסיסיים שעל הסוקר לזכור לגבי נפגעי רעידת האדמה אותם הוא פוגש בעבודתו: נפגעי רעידת האדמה הם אנשים רגילים הנמצאים בחרדה ובאי וודאות. **יש לנהוג בהבנה ולנסות להרגיע, לספק אינפורמציה עובדתית על מימדי האסון והנזק בסביבה, ולהפנות למרכזי חירום לקבלת עזרה.**

12.3. התמודדות עם תגובות נפשיות של מסייעים באסון

ביצוע סקירת מבנים לאחר רעידת אדמה היא עבודה קשה ותובענית. המצב הגופני והנפשי של הסוקר עלול להיות מושפע משעות ארוכות של עבודה גופנית בסביבת אנשים נסערים ומראות קשים, חשיפה לרגשות אבדן, הרס, פציעות ומוות ובאותה העת מחסור בשינה ומזון מספק, ריחוק ודאגה למשפחה והצורך להתמודד עם דאגות של אחרים.

עבודת יתר עלולה להוביל למצב של "תסמונת שחיקה" (Burn-out syndrome, DeWolfe, 2000) המתבטאת בתשישות גופנית ונפשית, עצבנות ורגישות יתר שהלוקה בה לעיתים אינו

מבחין בה בעצמו, ומפחיתה את היכולת ויעילות העבודה. הכרת הסממנים לתסמונת השחיקה, המתבטאים בשינויים בהתנהגות האופיינית של הפרט, יכול לעזור לסוקר ולעמיתיו העובדים איתו לזהות את המצב ולנקוט אמצעים להפגת המתח לפני החמרת המצב.

הסממנים לתסמונת השחיקה כוללים ארבע קבוצות:

- א. **השפעה על יכולת החשיבה**: וביניהן בלבול, איטיות מחשבה ואי יכולת שיפוט והחלטה;
 - ב. **השפעה פסיכולוגית**: דיכאון, עצבנות, חרדה או רגשנות יתר;
 - ג. **השפעה גופנית**: תשישות, חוסר אנרגיה, כאבי בטן והפרעות עיכול, ירידה בתיאבון והפרעות שינה;
 - ד. **השפעה התנהגותית**: היפראקטיביות, עייפות מוגזמת וחוסר יכולת להתבטא בעל-פה או בכתב.
- כאשר מזהים סממנים כנ"ל, יש לנקוט בפעולה מיידית ולפנות לקבלת עזרה רפואית. הפסקת פעילות לתקופה מסויימת ומנוחה לרוב יהוו פתרון הולם.

ישנם אמצעים רבים שניתן לנקוט בזמן עבודה בשירותי חרום על מנת למנוע התפתחות תסמונת שחיקה. מניעה מוקדמת של השחיקה דורשת מודעות ותמיכה הדדית בצוות הסקירה, לדוגמה:

- סכם מראש עם עמית בקבוצת העבודה שלך לשים לב לתפקוד, רמת העייפות וסממנים לשחיקה אחד של השני.
- עודד ותמוך בחברי קבוצתך. חשוב לשחרר מתחים, אבל לקחת התפרצויות של כעס באופן אישי. הומור עוזר במצבים קשים.
- דבר על הרגשות והחויות שלך, והטה אוזן לאלו של עמיתך. היה חיובי ותומך, לא ביקורתי.
- נסה להתעמל ואם ניתן לתרענן הרחק מהאתר.
- נסה לאכול היטב ולישון מספיק (כלומר 12 שעות עבודה ו-12 שעות מנוחה).
- עבוד בקצב סביר - אל תלחץ את עצמך יתר על המידה.
- אם יעילותך בעבודה פוחתת – צא להפסקה.

לסיכום, **ההכרה כי עבודת הסריקה מתבצעת בסביבה תובענית, הכרוכה בשחיקה גופנית ונפשית, תאפשר לזהות סימני השחיקה ולנקוט באמצעים להפגת מתחים, ותביא לתפקוד מיטבי.**

13. בטיחות אישית בעבודת שטח

פרק זה עוסק בבטיחות אישית בעבודת שטח של הסוקרים המבצעים מיון מבנים לאחר רעידת אדמה. להלן ניתנת הדרכה לגבי הציוד הדרוש בעבודת שטח, הדרך בה יש לבצע את הסקירה כדי למזער את הסכנה לפציעה של הסוקר, ואיך להכיר ולטפל במצבים בהם נמצאו חומרים מסוכנים.

13.1. ציוד אישי ויעודי למערכי מבנים

שני מרכיבים חשובים להצלחה ויעילות בסקירת מבנים לאחר רעידת אדמה הם הכנה מראש וציוד מתאים. חלק מהציוד הדרוש יסופק על ידי הרשות האחראית על שירותי החרום והסקירות, בעוד שאר הציוד הוא ציוד אישי של הסוקר שיוחזק בתיק גב מוכן מראש לשעת חירום. רצוי להצטייד מראש בטפסי תיעוד סקירה, תגים וכדומה כדי לאפשר תגובה עצמאית מהירה ככל האפשר לאחר הרעידה.

בטבלאות 13.1 ו-13.2 מפורטות רשימות ציוד שיסופק על ידי רשויות החירום, וציוד אישי, בהתאמה. הרשימה כוללת פריטים המוצעים על ידי סוקרי מבנים מנוסים, אולם ההרכב הסופי של ערכת ציוד החירום של כל סוקר עשויה להשתנות על ידי נסיבות מיוחדות או העדפה אישית.

13.2. בטיחות אישית בעבודת שטח

בטיחות אישית בעבודת שטח היא בעדיפות עליונה בהתנהלות הסוקר ביצוע עבודתו. ברעידות אדמה חזקות מבנים רבים ניזוקים באופן חמור כך שסכנת התמוטטות או נפילה היא גבוהה. רעידות חוזרות חזקות מתרחשות לרוב אחרי הרעידה הראשונית ועלולות לגרום להתמוטטות או להנתקות ונפילה של חלקי מבנה או שפוכת. לכן, על הסוקר להיות מודע לנושא בטיחותו האישית ולבטיחות הצוות שאיתו.

צוות סוקרים יכול לפחות שניים. בדרך זאת, אם סוקר נלכד או נפצע – הסוקר השני יכול לעזור לחלץ את הסוקר שנפגע או להזעיק עזרה חיצונית במידת הנדרש. יש לקחת בחשבון כי יתכן שרשתות הטלפון הסלולארי לא יפעלו בימים הראשונים לאחר הרעידה.

לפני כניסה למבנה, על הסוקרים לבצע סקירה חיצונית על ידי הליכה סביב כל ההיקף של המבנה. יתכן שהנזק בחזית המבנה יראה קל בעוד שבחזיתות אחרות הנזק חמור הרבה יותר. אם המבנה הוא מסוכן בעליל ומסווג "מבנה מסוכן", אין צורך להכנס לתוכו (פרט לכוחות חילוץ והצלה). אין להכנס למבנה שהתמוטט או על סף התמוטטות או אם יש חשד לחומר מסוכן (לדוגמה: נזק לציפוי נגד אש המכיל אסבסט או שפיכה של כימיקל רעיל) ואין לקחת סיכונים מיותרים.

במהלך ביצוע העבודה, על הסוקר להשתמש בציוד בטיחות אישית כנדרש. לדוגמה: יש לחבוש כפפות עבודה ומשקפי מגן כאשר נוגעים בשפוכת, ויש לחבוש מסיכת אבק ומשקפי מגן באזורים מאובקים. יש לחבוש קסדת מגן ונעלי בטיחות לאורך כל הסקירה.

יש להיות מודעים למספר סכנות טיפוסיות למבנים שניזוקו ברעידת אדמה. אלמנטים בסכנת נפילה עשויים להמציא מחוץ למבנה או בתוכו. מחוץ למבנה, רכיבים כגון מעקות, ציפויים וחיפויי קיר, שלטים וכדומה עלולים ליפול. בתוכו, סכנת נפילה אורבת מתקרות אדריכליות, צנרת, מחיצות ואפילו ריהוט כבד שאינו מעוגן כראוי לקירות. הנפילה עשויה להתרחש באופן בכל עת, ובמיוחד בזמן רעידה חוזרת או רוח חזקה. אם סוקר נמצא בתוך מבנה בזמן רעידה חוזרת עליו לנסות לצאת מהמבנה, ואם לא ניתן, לתפוס מחסה⁷ באופן מיידי באזורים הבאים (בסדר עדיפות יורד):

- א. **יציאה מהמבנה לשטח פתוח** היא החלופה הטובה ביותר; אם לא ניתן, תפיסת מחסה בתוך:
- ב. **מרחב מוגן**;

⁷ לפי המלצות ועדת ההיגוי הבינמשרדית להיערכות לרעידת אדמה בישראל

ג. חדר מדרגות;

ד. פינה של חדר פנימי במבנה;

ה. ליד רהיט כבד (ליד ארון או תחת שולחן).

כאשר מתגלה שריפה קטנה, יש לנקוט באמצעי כיבוי מתאימים עם הציוד הזמין (דליי מים, שמיכות, מטף אם ישנו וכדומה). אם אין בנמצא אמצעי כיבוי מתאימים או בשריפה גדולה, יש להודיע מיידית לכוחות למכבי האש בכל אמצעי זמין כדוגמת מכשיר קשר, טלפון או אדם שיתנדב להגיע לתחנת הכיבוי הקרובה ולהודיע באופן אישי. במקרה זה, על הסוקרים והקהל להתרחק מאזור השריפה.

על הסוקר גם להיות מודע לסכנה כתוצאה מנזק למערכות שירות כגון חשמל וגז בישול. לרוב, קל לזהות דליפת גז באמצעות הריח. במקרה ודליפת גז מורגשת, יש לסגור את שסתום הגז הראשי במידה ואפשר ולדווח על הדליפה במהירות האפשרית לחברת הגז. גז הבישול כבד מהאוויר ולכן הוא נוטה להצטבר במקומות נמוכים. אם מתגלית דליפת גז במקום סגור ולא מאוורר (לדוגמה בתוך ארון מטבח) רצוי לפתוח את דלתות הארון ואת הדלתות והחלונות בחדר כדי לאפשר אוורור הגז שהצטבר החוצה. בכל מקרה, **יש להימנע מעישון בכל מקום באזור הפגוע**.

לסיכום, **כללי הבטיחות שכדאי לזכור הם**⁸:

- סקירת מבנים תבוצע תמיד בצוותים של שני סוקרים או יותר.
- יש לחבוש קסדה ונעלי בטיחות.
- המנע מעישון באזור הפגוע מחשש לדליפת גז.
- יש לבצע סקירה חיצונית מלאה בכל היקף המבנה לפני כניסה לתוכו.
- הכנס למבנה רק במידה ונראה כי בטוח לעשות זאת.
- הימנע מכניסה לאזורים בהם יש חשד או וודאות להמצאות חומר מסוכן.
- יש להשתמש בציוד בטיחות אישי כאשר נדרש.
- היה מודע לסכנת נפילה!
- במקרה שריפה, פנה את האזור והודע לשרותי הכיבוי במהירות האפשרית.
- יש להימנע מגישה לקוי מתח עליון שנפלו ומבנים שמתחתם עקב סכנת התחשמלות. סריקת המבנים תבוצע רק לאחר פינוי הקו על ידי חברת החשמל.
- במקרה של דליפת גז בישול, יש לסגור את שסתום הגז המרכזי אם ניתן, לאוורר את החדר ולהודיע לחברת הגז במהירות האפשרית.
- **אין תחליף לשימוש בשכל ישר ושיקול דעת!**

13.3 הכרת חומרים מסוכנים

האפשרויות לגלוי חומרים מסוכנים בתוך מבנים הן רבות: מצבורי דלק בתחנות דלק; מצבורים של חומרי הדברה במבנים חקלאיים; מצבורי רעלים ונוזלים דליקים במרפאות; חומרי נפץ באתרי בניה ומחצבות; מיכלים עם גזים בלחץ גבוה במכוני טיפול שפכים; כימיקלים שונים וגזים דליקים בבתי חולים; מכלי אמוניה, כלור וגזים רעילים אחרים ומפעלי תעשייה; מבני מגורים ישנים עשויים להכיל בידוד אסבסט מתפורר או לוחות חיפוי מאסבסט וכדומה.

ישנן מספר דרכים לאתר שפיכה או דליפה של חומר מסוכן. מיכל פרוץ או שלולית של חומר החשוד כמסוכן הם מציינים ברורים לסכנה. אולם קיימים גם רמזים אחרים לנוכחות חומר מסוכן: ריח מוזר, צליל של דליפה או סממנים גופניים כגון בחילה, סחרחורת או גירוי בעיניים או

⁸ ההמלצות כתובות בלשון זכר, אך מכוונות בלשון זכר ונקבה כאחד.

בעור הם כולם סימנים לכך שהסוקר צריך לעזוב את האזור מיידית. מציינים אחרים לנוכחות חומרים מסוכנים הם בעלי חיים מתים, או שכבת אבקה או חומר חלקלק על עצמים באזור החשוד כנגוע.

כאשר מבוצעת סקירה פנימית במבנה, במיוחד במנה ישן, יש לשים לב לאפשרות של הרעלת אסבסט. במידה וקיים חשש שאלמנט המכיל אסבסט הופרע, לדוגמה על ידי נזק לציפוי הגנה מפני אש או נזק לבידוד של צנרת ודוד ישן, על הסוקר לצאת מיידית מהמבנה ולסווגו "מבנה מסוכן". בכל מקרה, אין להמעיט בסכנה הבריאותית הכרוכה בנשימת אבק אסבסט העלולה לגרום למחלת האסבסטוסיס.

לסיכום, ניתן להכיר בנוכחות חומרים מסוכנים ולהגיב כיאות לפי הכללים כדלהלן:

הכרה בנוכחות חומר מסוכן:

- א. לפי יעוד המבנה הנסקר (מפעל תעשייה, מרפאה, מבנה חקלאי וכדומה).
- ב. מציינים לשפיכה או דליפה של חומר מסוכן, כולל מיכל פרוץ, שלולית או סימני חומר מוצק חשוד כמסוכן.
- ג. ריח מוזר, רעש של דליפה או סממנים גופניים כגון בחילה, סחרחורת או גירוי בעיניים.
- ד. שבר בצנרת של מיכל חומר מסוכן.
- ה. נזק בחומר הגנה מפני אש או בידוד של צנרת או דוד, במיוחד במבנים ישנים, החשודים כמכילים אסבסט.

תגובה נאותה:

- א. כאשר יש חשד לחומר מסוכן (דליפת כימיקל או אסבסט) צא לשטח חופשי ומאוורר, חסום גישה במידת האפשר ותייג "מבנה מסוכן" או "אזור מסוכן".
- ב. הודע במהירות האפשרית לאנשי חומ"ס ברשויות החירום על חשד לחומר מסוכן.

טבלה 13.1 ציוד לסקירה המסופק על ידי רשות החרום

סוג הפריט	תיאור
פריט חיוני	מפת רחובות תעודת הסמכה כסוקר מבנים טפסי תעוד מיון מבנה (ראשוני או מפורט) תגים למבנים סרט סימון צהוב אקדח סיכות, נעצים ודבק לתיוג ציוד לקשר אלחוטי (ווקי טוקי וכדומה) רשימת שמות ומספרי טלפון של אנשי מפתח בחירום
פריט רצוי	הסעות מאורגנות לאזור הפגוע סולם פנס מופעל בסוללות, וסוללות נוספות אנך וחוט סרט מידה מדיד רוחב סדק כלי עבודה שונים (פטיש, לום, קאטר)

טבלה 13.2 ציוד אישי לסקירה

סוג הפריט	תיאור
פריט חיוני	תעודה מזהה תעודת הסמכה כסוקר מבנים ארנק (עם כסף, כרטיסי אשראי וכדומה) תיק גב משקפי ראיה (כולל זוג נוסף) ומשקפי מגן תרופות בגדים להחלפה/ ציוד לגשם כלי רחצה קסדת מגן נעלי בטיחות מסכת אבק
פריט רצוי	מימיה או בקבוק למים משקפי מגן כפפות עבודה ברכיות (מגיני ברכיים) שק שינה ערכת עזרה ראשונה קרם הגנה

14. מושגים בסיסיים בהנדסת מבנים והנדסה סייסמית

בפרק זה מוגדרים מושגים טכניים בסיסיים בהנדסת מבנים והנדסה סייסמית שנעשה בהם שימוש במסמך זה. לקבלת הסבר רחב יותר על ערך כלשהו יש לפנות לספרות טכנית מתאימה.

אי סדירות אופקית: [irregularity in plan] חריגה משמעותית מצורה רגולרית סימטרית של התקרה (במתווה אופקי), המתבטאת בין היתר במגרעות גדולות; צורה לא רגולרית (ראה תרשים 4.2); אקסצנטריות גדולה; אי-רציפות אופקית של מערכת ההקשחה וכדומה. לפרטים נוספים ראה ת"י 413.

אי סדירות אנכית: [vertical irregularity] חריגה משמעותית מרציפות של מבנה במתווה אנכי, הכולל בין היתר קומה חלשה; קומה גמישה; היצרות חריפה או צורה לא רגולרית לגובה (ראה תרשים 4.1); קומה כבדה באופן משמעותי מקומה שמתחתיה; אי רציפות אנכית במערכת ההקשחה וכדומה. לפרטים נוספים ראה ת"י 413.

אלסטיות: [elasticity] מצב שבו חומר המתעוות כתוצאה ממאמץ (עומס ליחידת שטח) חוזר למצבו המקורי עם הסרת העומס.

אקסצנטריות קומתית: [floor eccentricity] מרחק בין מרכז הקשיחות (הסיבוב) לבין מרכז הכובד של תקרה, הגורם לפיתול (סיבוב) התקרה עקב כח אופקי.

אפקט P-δ: [P-δ effect] הגדלת מומנט ההיפוך על המבנה עקב שילוב של משקלו ותזוזה אופקית גדולה. מומנט זה נוטה להגדיל את התזוזה האופקית עוד יותר, והוא משמעותי במיוחד במבנים גמישים (מבנים תמירים או מבנים עם מסגרות כפיפות).

בטון דבש: [plums concrete] בטון בשילוב אבנים גדולות לשם יצירת גושי בטון גדולים וקירות.

בטון כלוא: [confined concrete] אלמנט בטון המוקף במוטות זיון וחישוקים. כליאת הבטון מאפשרת התפתחות עיבורים פלסטיים בפלדת הזיון ללא מערכת הבטון ותורמת למשיכות האלמנט.

בטון כסוי: [cover concrete] בטון חיצוני באלמנט מבטון מזוין, בין שפת האלמנט לזיון, המשמש בין היתר להגנת הזיון מפני שיתוך (קורוזיה).

בטון ליבה: [core concrete] בטון פנימי הכלוא על ידי חישוקים בעמוד, קורה או צומת קורה-עמוד מבטון מזוין.

בטון תאי מאושפר (איטונג): [AAC- Autoclaved Aerated Concrete] בטון תאי המיוצר מצמנט, סיד, חול וחומרים נוספים הגורמים לתפיחה, מאושפר בחום ולחות באוטוקלב. החומר המתקבל הוא קל, ובעל תכונות בידוד טרמי מעולות. איטונג הוא שם מסחרי של חברה המייצרת בטון תאי מאושפר בישראל.

בטרום: [reinforced AAC slab] שם מסחרי ללוחות מבטון תאי מאושפר מזויין המשמשים כאלמנטי תקרה וגג (עם או בלי יציקה משלימה) ואלמנטי קיר.

ברנוביץ' (שיטת): שיטה ליציקת קירות עם ציפוי אבן, בה ציפוי הקיר נבנה מראש על גבי תבנית כפולה והבטון של הקיר נוצק כנגד האבן.

גבול הנזילה: [yield stress] גבול הפרופורציונליות של החומר, כאשר במאמץ גדול ממנו החומר עובר עיבור פלסטי משתייר. גבול הנזילה מומחש על ידי מאמץ מתיחה במוט שמעבר לו המוט אינו חוזר לאורכו המקורי כאשר כח המתיחה מוסר.

גרעין הקשחה: פיר אנכי מבטון רתום בתחתיתו (פיר מעליות, מדרגות, מרחבים מוגנים וכדומה), המשמש כזיו אנכי, ומקבל כוחות אנכיים וכוחות אופקיים בכל הכוונים.

הסטה קומתית: [drift] הפרש מכסימלי בין תזוזות נקודות מתאימות ברצפה ובתקרה בקומה נידונה, לאחר תזוזה.

הרס בינוני (סווג הנדסי לפי פקע"ר): [medium structural damage] נזק למבנה המאופיין בהרס אלמנטים לא מבניים וקירות בני, ופגיעה קלה ברכיבי שלד.

הרס כבד (סווג הנדסי לפי פקע"ר): [heavy structural damage] נזק כבד לרכיבי שלד, תוך איבוד משמעותי של תסבולת שיורית של מערכת ההקשחה ואפשרות להתמוטטות חלקית עקב אבדן תסבולת של אלמנטים נושאים.

הרס כבד מאד (סווג הנדסי לפי פקע"ר): [structural failure] התמוטטות מלאה של המבנה.

הרס קל (סווג הנדסי לפי פקע"ר): [light structural damage] נזק לרכיבים לא מבניים (זיגוג, אלומיניום וכדומה); נזקים מקומיים בקירות בני ללא פגיעה ביציבותם; ללא נזק או נזק זניח לרכיבי שלד.

השלמת יציקה (טופינג): [concrete topping] שכבת בטון עליונה הנוצקת על גבי אלמנט נושא (צלעות, לוח"דים, קורות פלדה וכדומה).

התמוטטות: [collapse] נפילה של מבנה תחת משקלו, הנובעת מאי יציבות כתוצאה מאובדן תסבולת, אובדן סמך, יצירת מכניזם, קריסה וכדומה. התמוטטות מבנה מכונה לעתים "קריסת מבנה" אך מבחינה טכנית ביטוי זה אינו מדויק.

זיז קצר: [corbel] זיז שגובהו שווה או גדול מאורכו, ומשמש להשענה של קורה או אלמנט נושא אחר. זיזים קצרים עשויים לשאת עומסים גדולים, ואופן הכשל שלהם יהיה לרוב בגזירה המלווה בסדיקה אלכסונית.

חגורות בלוח אופקי: [diaphragm chords] אלמנטים בשפות הלוח המסוגלים לקבל את הכוחות הציריים הנוצרים מפעולת הלוח כקורה במישורה.

חוזק גזירה קומתי: [story shear capacity] סכום תסבולת הגזירה בכוון הנבדק של כל עמודי המבנה וקירותיו בחתך אופקי מעל רצפת הקומה הנדונה.

חומרה סייסמית: [seismic intensity] פרמטר המשמש למדידת חומרת ההשפעה על בני אדם והנזקים בנפש וברכוש כתוצאה מרעידת אדמה. העוצמה משתנה בתלות במרחק ממוקד הרעידה ומאפייני הקרקע עליה מבוסס המבנה. מדדים מקובלים של העוצמה הסייסמית הם: סולם מרקלי המעודכן (MMI – Modified Mercalli Intensity Scale) והסולם האירופאי (EMS – European Macroscopic Scale)

חפיפה: [splice] הארכת מוט זיון בבטון על ידי חפיפה של שני מוטות זה לצד זה, כאשר הכח מועבר ממוט אחד למשנהו על ידי ההדבקות לבטון.

טבלה (פלטה): [slab] אלמנט דו-מימדי (תקרה) המעביר כוחות בניצב למישורו ומוטרח בעיקר בכפיפה.

יתירות (דרגת אי-סיום סטטי): [redundancy] תכונה של המבנה המאפשרת לו להשאר יציב כאשר מתרחש נזק לאלמנט או סמך. במבנה בעל דרגת יתירות 0 (מסויים סטטי) כשל של אלמנט או סמך יביא לאיבוד יציבות ולהתמוטטות.

לוח אופקי (דיאפרגמה): [horizontal diaphragm] אלמנט הנתון לכוחות במישורו, ומשמש כקורה אופקית המעבירה את הכוחות האופקיים הקומתיים למערכת ההקשחה. בשפות הלוח מתפתחות רצועות מתיחה ולחץ בניצב לכיוון העומס האופקי (ראה גם ערך "חגורות בלוח").

לוח"ד (לוח חלול דרוך): [hollow core prestressed floor slab] אלמנט תקרה טרומי העשוי מטבלת בטון עם חללים ודרוך בדריכת קדם בכיוון האורך שלו. אלמנט זה מסוגל לגשר על מפתחים גדולים יחסית ועובד בדריכה מלאה (כלומר ללא סדקים במצב שרות).

כוחות אופקיים: [horizontal loads] כוחות בכיוון אופקי המופעלים על המבנה על ידי רעידת אדמה או רוח.

כוחות אנכיים: [vertical loads] כוחות כבידה (גרביטציוניים) הנובעים ממשקלם של חלקי מבנה, ציוד ואנשים.

כשל בחדירה: [punching shear failure] שבר גזירה בתקרה ללא קורות בצורת פטריה סביב עמוד, העלול לגרום לאיבוד ההשענה של התקרה ונפילתה. כשל מסוג זה עלול גם לגרום להתמוטטות בשרשרת עקב הגדלת העומסים על עמודים סמוכים.

כשל בשרשרת: [progressive collapse] כשל (התמוטטות) של המבנה כולו או חלק גדול ממנו כתוצאה מפגיעה מקומית באלמנט קונסטרוקטיבי. קרוי גם "אפקט דומינו".

כשל משיך: [ductile failure] מנגנון כשל המאופיין בעיבורים פלסטיים (נזילה) המתרחשים לפני הכשל, ונותן "התראה" לפני הכשל בצורת שקיעות, סיבובים גדולים, סדקים וכדומה.

כשל פריד: [brittle failure] מנגנון כשל ללא התרחשות עיבורים פלסטיים לפני הכשל, המתרחש באופן פתאומי ללא "התראה" מראש.

מאסף: [collector] רכיב במבנה המעביר כוחות אופקיים ממקום פעולתם למקום של רכיבים אנכיים במערכת ההקשחה המתנגדת לכוחות אלה.

מבנה מסוכן בעליל: [obviously unsafe structure] מבנה שיש בו סכנה ממשית, כלומר סבירות גדולה להתמוטטות מלאה או חלקית ברעידה חוזרת או רוח, או בעל גורם סיכון חמור אחר לחיי אדם.

מבנה לא שלוד: [unframed structure] מבנה, על פי רוב ישן, המורכב מאלמנטים נושאים בלבד (קירות אבן, לבנים או בטון דבש, עמודים תקרות וכדומה) ללא מערכת הקשחה ברורה המתנגדת לכוחות אופקיים.

מבנה שלוד: [framed structure] מבנה בעל מערכת הקשחה ברורה המתנגדת לכוחות אופקיים.

מבנה תמיר: [slender structure] מבנה שבו היחס בין גובהו לרוחבו הוא גדול. מבנים תמירים זיזיים הם לרוב גמישים ורגישים לאפקט P- δ .

ממשק עבודה (תפר): [construction joint, cold joint] קו או מישור של ממשק בין שתי יציקות בטון נפרדות.

מסבך הקשחה (אגד רוח): [bracing] מערכת הקשחה אופקית או אנכית המורכבת ממוטות (המשמשים חגורות, אנכים ואלכסונים) ומוטרת בעיקר בכוחות ציריים.

מסגרות כפיפות: [moment frames] מערכת מסגרות, המעבירה את השפעת הכוחות האופקיים בעיקר במומנטי כפיפה.

מסגרות מוקשחות: [braced Frames] מערכת מסבכים אנכיים, המעבירה את השפעת הכוחות האופקיים בעיקר בכוחות ציריים.

מסגרות עם מלוי קיר בני: [infill masonry frames] מסגרת בטון מזוין (קורות ועמודים) התוחמת קיר בני. עשוי לשמש כאלמנט הקשחה בתנאים מסויימים כאשר מתפתח אלכסון לחץ בתוך קיר המלוי.

מערכת דואלית: [dual system] מערכת הנושאת את כלל העומסים (אנכיים ואופקיים), חלקם במסגרות וחלקם בקירות הקשחה בודדים או משולבים או גרעיני הקשחה.

מערכת הקשחה: [lateral load supporting system] מערכת אלמנטים (מסגרות, קירות הקשחה, גרעיני הקשחה וכדומה) המעבירה את הכוחות האופקיים במבנה. אלמנט במערכת הנושאת יכול להיות גם חלק מהמערכת הנושאת.

מערכת מסגרות: מערכת מסגרות, בלא קירות הקשחה, הנושאת את כלל העומסים (אנכיים ואופקיים).

מערכת נושאת: [vertical load supporting system] מערכת אלמנטים (עמודים, קורות, קירות נושאים וכדומה) המעבירה את הכוחות האנכיים במבנה. אלמנט במערכת הנושאת יכול להיות גם חלק ממערכת ההקשחה.

מערכת קירות: [shear wall system] מערכת קירות הקשחה בודדים או משולבים, הנושאת את כלל העומסים (אנכיים ואופקיים).

מפרק פלסטי: [plastic hinge] אזור מוגבל ברכיב שבו מתרחש סיבוב פלסטי תוך שמירה על תסבולת הרכיב.

מרכז קשיחות: [center of rigidity] נקודה בתקרה של קומה, ששקול הכוחות האופקיים העובר דרכה לא יוצר סיבוב של התקרה ביחס לציר אנכי ביחס לרצפת הקומה.

משיכות: [ductility] יכולת מבנה או רכיב לספוג אנרגיה על ידי עיבורים פלסטיים (נזילה) לפני הופעת הרס.

סיפון פח: [steel deck] לוח פח מכופף המשמש כתבנית תחתונה ליציקת בטון משלימה. סיפוני פח ידועים גם בשם המסחרי Spandek.

סמך (נקודת השענה): [support] אלמנט המשמש כתמיכה אנכית או אופקית לאלמנט אחר או מונע סיבוב (ריתום). הסמך עשוי להיות נקודתי (עמוד) או קוי (קורה).

עוות גזירה: [shear deformation] עוות הרכיב על ידי כוחות גזירה, מומחש על ידי שינוי צורה ממלבן למקבילית, ומאופיין על ידי סדקים אלכסוניים בבטון.

עוצמה (מגניטודה) של רעידת אדמה: [earthquake magnitude] פרמטר המשמש מדד של האנרגיה המשתחררת ברעידת אדמה. מקובל היום לקבוע את המגניטודה על פי המומנט הסייסמי (Moment Magnitude Scale) המסומן גם M_w . המגניטודה על פי "סולם ריכטר"

(Richter Magiutuse Scale) המסומן M_L הוא מדד מיושן ואינו רלבנטי לרעידות אדמה חזקות, מאחר והוא מגיע לרוויה במגניטודות מעל 6.0 ואפילו פחות.

עמוד: [column] אלמנט קוי (בד"כ אנכי) המוטרך בעיקר בכח צירי.

עמוד קצר: [short column] עמוד שאורכו קצר באופן משמעותי משאר העמודים בקומה, הגורם להגדלת קשיחותו היחסית לגזירה. עמוד קצר מהווה נקודת תורפה לכוחות אופקיים מאחר והוא מקבל כוח גזירה גדול יחסית לשאר העמודים בקומה ועלול להכשל.

צומת קורה-עמוד: [beam-column joint] אזור החיבור בין קורות ועמודים במסגרת. במסגרת כפיפה זה אזור עם מומנטי כפיפה וכוחות גזירה גדולים ורגיש לכשל ותר משאר חלקי הנסגרת.

קומה גמישה: [flexible floor] קומה שקשיחותה לכוחות אופקיים קטנה באופן משמעותי מהקומה שמעליה, כך שההסטה הקומתית בה גדולה באופן משמעותי מהקומה שמעליה (לפרטים נוספים ראה ת"י 466).

קומה חלשה: [weak floor] קומה שחוזקה הכולל בגזירה לכוחות אופקיים באחד הכיוונים קטן באופן משמעותי מחוזק הקומה שמעליה (לפרטים נוספים ראה ת"י 466).

קומת עמודים מפולשת: [open ground floor] קומה פתוחה או פתוחה חלקית הנשענת בעיקר על עמודים, ובה שטח הקירות קטן באופן משמעותי מקומות אחרות באותו מבנה. קומת עמודים מפולשת תהיה לרוב קומה גמישה וחלשה המהווה נקודת תורפה לכוחות אופקיים.

קורה: [beam, girder] אלמנט קוי (בד"כ אופקי) המוטרך בעיקר במומנטים וכוחות גזירה, ומשמש בין היתר כאלמנט נושא של תקרות וכמשקוף במסגרת הקשחה. עקב עומס סייסמי יתכן גם כח צירי בקורה.

קורה מאספת: [spandrel] קורה המשמשת גם כאלמנט מעבר לתמיכה של עמודים שאינם ממשיכים כלפי מטה.

קיר בני: [infill wall] קיר הבנוי מבלוקים (בלוקי בטון, סיליקט, איטונג וכדומה).

קיר הקשחה: [shear wall] קיר בטון אנכי רתום בתחתיתו, ומקבל כוחות אופקיים במישורו. קיר הקשחה עשוי גם לשמש כקיר נושא.

קיר הקשחה משולב: [coupled shear wall] צמד קירות באותו מישור, המחוברים במשקופים או בקורות קשר במפלסי התקרות.

קיר מסך: [curtain wall] אלמנט קיר חזית טרומי (בטון, פלדה, זכוכית וכדומה), המורכב במקומו בעזרת ברגים או בריתוך.

קיר נושא: [bearing wall] קיר בטון אנכי המעביר בעיקר כוחות אנכיים.

קיר תומך: [retaining wall] קיר בטון אנכי, המעביר בעיקר כוחות אופקיים בניצב למישורו.

קריסה: [buckling] אבדן יציבות באלמנט לחוץ כאשר כח הלחיצה מתקרב לעומס הקריסה (אווילר). אבדן היציבות מתבטא בהגדלה משמעותית בתזוזה צידית (הנוצרת כתוצאה מאפקט P- δ מכח הלחיצה בשילוב עם אי מושלמות אקראית) עקב הגדלה קטנה בעומס הצירי. עומס הקריסה (אווילר) תלוי במודול האלסטיות, במומנט האינרציה ובתמירות האלמנט הלחוץ. קריסה עשויה להתרחש גם בתחום הפלסטי כאשר מתרחשת נזילה כתוצאה מההסטה האופקית המוגברת.

קשיחות בפיתול: [rotational stiffness] המומנט הדרוש לקבלת סיבוב סביב מרכז הקשיחות בתקרת קומה ביחס לרצפתה בזווית 1 רדיאן.

קשיחות קומתית: [story horizontal stiffness] הכוח האופקי הדרוש לקבל הזזה מקבילה (הסטה קומתית) ביחידת אורך אחת. כוח זה שווה להופכי של ההסטה הקומתית עקב הפעלת כוח יחידה אופקי באותו כוון במרכז הקשיחות.

רכיב טרומי: [prefabricated component] רכיב שיוצר (או נוצק) שלא במקומו הסופי במבנה, ומורכב במקומו על ידי חיבור (רטוב או יבש) לאלמנט נושא במבנה.

רמת משיכות: [ductility class] יכולת המוקנית למבנה כולו ולרכיבים שונים במבנה, על ידי תכן מתאים של חתכי הבטון והזיון, כדי שיפתחו מפרקים פלסטיים, ויספגו אנרגיה בתנאים דינמיים בלי להיחרס. יכולת זאת מוקנית בתקן ת"י 413 בשלוש רמות שונות: נמוכה, בינונית וגבוהה.

שגם גזירה: [shear stud] אלמנט דמוי מסמרה המרותך לאלמנט פלדה המשמש חלק מקורה או מתקרה מרוכבת (פלדה ובטון), ותפקידו להעביר את כוחות הגזירה האופקית (דחיה) בממשק בין הפלדה לבטון.

שינני קשר (שטרבות): [indentations] יציקת בטון בצורת "שיניים" בממשק בין עמוד לקיר בני המתקבלות על ידי בניה של הבלוקים עם הסטה אופקית לסירוגין ברוחב חצי בלוק. לרוב יהיה חישוק בולט מהעמוד לתוך שינן הקשר. צורת חיבור זאת מגדילה את תסבולת הקיר לכוחות אופקיים כאשר הוא משמש כמסגרת עם מלוי קיר בני.

שלד המבנה: [structural system, framing] המערכת שתפקידה להעביר את הכוחות האנכיים והאופקיים של המבנה אל הקרקע, כוללת יסודות, עמודים, קורות, קירות, תקרות וכדומה.

תסבולת: [capacity] גודל ההטרחה המירבי של רכיב מבני (כוח או מומנט) לפני שמתרחש כשל של הרכיב.

תסבולת שיורית: [residual capacity] החלק הנותר מהתסבולת של רכיב (עד לכשל) בהעמסה חוזרת לאחר האמצתו בכח או מומנט הגורם לעיבור משתייר (פלסטי).

תקרה בכוון אחד: [one way slab] תקרה שבה רוב העומס האנכי מועבר בכוון אחד (הכוון הקצר) אל קורות השפה.

תקרה ללא קורות: [flat slab] תקרה מקשית או תקרת ערוגות הנשענת כולה או בחלקה ישירות על עמודים (ללא קורות). תקרות אלה רגישות במיוחד לכשל בחדירה. תקרה ללא קורות היא תמיד מצולבת.

תקרה מצולבת: [two way slab] תקרה שבה העומס האנכי מועבר בשני כוונים ניצבים. תקרה מצולבת עשויה להיות תקרה עם קורות או ללא קורות.

תקרה מקשית: [concrete slab] תקרת בטון בעל חתך מלא ועובי אחיד הנשענת על קורות. תקרה מקשית יכולה להיות "מתוחה בכוון אחד" או "מצולבת" בהתאם ליחס בין אורך ורוחב השדה (Aspect ratio).

תקרת לוח"דים: [hollow core floor system] תקרה העשויה מלוח"דים הנשענים על קורות יצוקות באתר, לרוב עם יציקה משלימה. תקרת לוח"דים עם יציקה משלימה יכולה לשמש כלוח

אופקי בתנאי שישנן קורות היקפיות עם זיון מספיק ליצירת חגורות מתוחות הדרושות לפעולת הלוח.

תקרת ערוגות: [waffle slab] תקרת צלעות בשני כוונים ניצבים, עם או בלי קורות. תקרה זאת תהיה מצולבת.

תקרת צלעות: [one way ribbed slab] תקרה העשויה מצלעות תחתונות בכוון אחד והשלמת יציקה (עם או בלי אלמנטי מילוי). תקרה זאת היא מתוחה בכוון אחד, כאשר העומס האנכי מועבר בעיקרו בכוון הצלעות.

תקרת רביץ: תקרה לא נושאת המורכבת מרשת וטיח על גבי קורות מנשא (מעץ או פלדה).

תקרת תותב: [drop ceiling] תקרה לא נושאת פריקה (תקרה אקוסטיות, תקרה להגנה בפני אש או תקרה לצרכים אדריכליים אחרים) המותקנת במרחק מתוכנן מעל הרצפה ומתחת לתקרה המבנית או הגג שמעליה, שבה רוב יחידות המילוי ניתנות לפירוק ולהחזרה למקומן ללא שינוי בחומרים או ברכיבים.

15. מקורות מידע

15.1. סקר ספרות

רעידת אדמה מהווה אחד מכוחות הטבע ההרסניים ביותר לאדם ולרכוש. הרעידה עלולה לגרום להרס רחב היקף למבנים ואבידות כבדות בנפש כפי שנראה ברעידות רבות בעבר. לאחר רעידת אדמה הרסנית, שוררת חרדה ואי ודאות בקרב האוכלוסיה לגבי בטיחותם של מבנים באיזורים שנפגעו. כתוצאה מכך נמצא שאנשים רבים החרדים לאכלס את בתיהם לאחר הרעידה נעקרים מבתיים ללא צורך בעוד שאחרים מאכלסים מבנים מסוכנים העלולים לקרוס ברעידות מאוחרות.

הצורך במערכת לביקורת והערכת בטיחות מבנים לאחר רעידת אדמה הוכר כחיוני במדינות רבות בעולם שבהן ישנם איזורים סייסמיים פעילים כדי למזער את הפגיעה בנפש כתוצאה מרעידות מאוחרות ולזרז את תהליך השיקום. מדינות כגון קליפורניה, יפן, ניו זילנד, יוון ואחרות יישמו בהצלחה מערכי ביקורת מבנים החל מראשית שנות ה-80.

בקליפורניה, הוחל בשנת 1987 בפיתוח נוהל למיון מבנים ATC-20 על ידי מספר גופים האחראיים על שירותי החירום. הנוהל פורסם בשנת 1989 ויושם ברעידת האדמה Loma Prieta (M6.9) שהתרחשה בקליפורניה באותה שנה. הנוהל כולל בקורת ראשונית מהירה לאחר הרעידה, ביקורת מפורטת בשלב שני כאשר מתעורר הצורך וביקורת הנדסית מפורטת רק בשלב השיקום המבוצעת באחריות בעלי המבנים. המבנים מתויגים בשלוש קטגוריות: ירוק (נבדק); צהוב (שימוש מוגבל ואדום (מסוכן) כאשר קריטריוני הנזק הם איכותיים בלבד ושיקול דעת המעריכים הוא בעל חשיבות רבה. בשנת 1995 פורסמה התוספת ATC-20-2 שבה נכללו תוספות וידע שהצטבר מרעידות יותר מאוחרות, קרי: (M7.2) Cape Mendocino, 1992; Landers, 1992 (M7.3); Big Bear, 1992 (M6.5); ו-Northridge, 1994 (M6.7) שזרעה הרס רב.

ביפן, נושא בקרת בטיחות מבנים התחיל לקבל תשומת לב מרובה לאחר רעידת האדמה במגניטודה M6.89 שהתרחשה בדרום איטליה (Irpina) ב-1980, שבה בוצעה פעילות בקרת מבנים שיטתית לצורך שיקום. לאחר רעידה זאת, התחיל בשנת 1981 פרויקט לאומי יפני בנושא שיקום מבנים לאחר רעידת אדמה ובשנת 1985 פותח נוהל להערכה מהירה ומיון מבנים. בזמן פיתוחו, הנוהל יושם בהצלחה על מבנים מבטון מזויין שנפגעו ברעידה במגניטודה 8.1 שהתרחשה ב-Mexico City במסגרת עזרה בינלאומית לנפגעי האסון. הנוהל פורסם בשנת 1991 בצורת תקן ובדומה ל-ATC-20 גם כאן התיוג מבוצע בשלוש קטגוריות אולם הערכה הנזקים היא מפורטת יותר ומתבססת על דרגות נזק לפי הסיווג בתקן האירופאי EMS. קריטריון הסיווג נקבע על סמך שקלול מספרי של דרגות הנזק באלמנטים שונים של המבנה. בנוסף ישנן המחשות ויזואליות לסווג דרגות נזק בצורת תרשימים, תמונות, טווחי נטייה ועוד. התקן יושם ברעידות נוספות ביפן, (M7.8) Kushiro-oki, 1993; (M7.2) Sanriku-oki, 1994; ו-Hyogoken-nambu (M7.2) Kobe, 1995. לקחים שנלמדו מרעידת האדמה Kobe, 1995 מלמדים כי מיון מהיר לפי התקן היפני הקיים (1991) דרש סקרים מפורטים מדי יחסית להיקף הנזקים ומומלץ לפתח נוהל פשוט יותר. כמו כן נמצא כי פיתוח מערכת סוקרים ברחבי הארץ היא בעל חשיבות עליונה והוכר הצורך בפיתוח בסיס נתונים ארצי למבנים.

בניו זילנד החלה פעילות מוגברת להערכות לרעידת האדמה לאחר הרעידה במגניטודה M6.8 שהתרחשה במחוז Gisborne בשנת 2007. הרעידה גרמה בעיקר נזקים לתשתיות ולרכוש אבל שימשה כזוהרה כי הנוהלים והמשאבים הקיימים לא היו מספיקים במקרה של רעידה חזקה יותר. בעקבות כך, פותח ופורסם ב-2009 מדריך להערכת בטיחות מבנים לאחר רעידת אדמה הכולל הדרכה הן להערכות וניהול משאבים בזמן חירום והן מדריך טכני המבוסס ברובו על ATC-20.

יוון היא המדינה שבה ישנה פעילות סייסמית רבה ולמעשה כ-50 אחוז מהאנרגיה הסייסמית בכל אירופה משתחררת בתחומה. ההיערכות הכוללת לרעידות אדמה ביוון החלה לצבור תאוצה לאחר רעידת האדמה במגניטודה M6.5 שהתרחשה ליד Thessaloniki. זאת היתה הפעם הראשונה בה רעידה משמעותית הכתה איזור עירוני צפוף עם כ-700,000 תושבים. באופן כללי מבנים מודרניים תפקדו היטב ונזקים משמעותיים נרשמו בעיקר במבנים ישנים, אולם הרעידה גרמה מצב כיאוטי ששירותי החירום לא היו ערוכים להתמודד איתו. לאחר הרעידה גובש נוהל למיון מבנים המבוסס על שלושה קריטריוני תיוג (ירוק, צהוב ואדום), אבל המידע ההנדסי על

הנזקים היה איכותי בלבד ולא סיפק נתונים סטטיסטיים מספיקים על אופי הנזקים. בהמשך, לאחר רעידת האדמה (M6.7) Alkionides, 1981 גובש נוהל מיון מפורט יותר על ידי EPPO1984 (Earthquake Planning and Protection Organization of Greece) במטרה לאסוף נתוני נזק כמותיים לצורך ניתוח סטטיסטי. הנוהל כלל 3 קטגוריות נזק ו- 6 קטגוריות תיוג. סווג הנזקים לאלמנטים קונסטרוקטיביים כלל 4 קטגוריות ודרש תיאור מפורט של הנזק בכל אלמנט. הנוהל החדש נבדק ברעידה ההרסנית (M6.6) Kalamata, 1986 ונמצא כי הוא מסורבל מדי ליישום בשלב התגובה הראשונית מאחר והוא דורש זמן הערכה רב מדי ומהנדסים מיומנים. כמו כן נמצא כי עבור מבנים רבים הערכה ויזואלית מהירה, לעתים חיצונית בלבד, הספיקה לקביעת מצבם ומידת הבטיחות לאכלוסם. בשנת 1996 לאחר הרעידה (M5.2) Konista אומץ נוהל דו-שלבי הכולל ביקורת הראשונית מהירה לאיתור מבנים בטוחים לכאורה ומבנים מסוכנים בעליל, וביקורת מפורטת לפי EPPO 1984 של מבנים פגועים באופן משמעותי מבוצעת רק בשלב שני.

באיטליה, הערכת נזק במבנים לאחר רעידת אדמה נעשה במשך שנים רבות ללא התייחסות מיוחדת לבטיחות אכלוס המבנה בטווח הקצר. בשנים 1996/7 גובש נוהל (AeDES) להערכת נזק, אמצעים מיידיים להגבלת הנזק והערכת בטיחות בשימוש במבנה לאחר רעידת אדמה והופעל לראשונה ברעידת האדמה (M6.1) Umria-Marche1997. הנוהל אינו מיועד למתן מענה מיידי להערכת בטיחות המבנים בשלב התגובה המיידית, אלא מיועד לאיסוף מידע רב ככל האפשר לצורך קבלת החלטות לשיקום בשלב מאוחר יותר. חשיבות הצורך בנוהל להערכת בטיחות לאכלוס מבנים בשלב המענה הראשוני מומחשת בדו"ח נזקים שהתפרסם לאחר רעידת האדמה (M6.3) L'Aquila, 2009, המדגיש כי החוסר במערכת למיון מבנים גרמה להגדלה במספר המפונים, עיכוב והגדלת עלות של השיקום.

15.2. עיקרי נהלים למיון מבנים במדינות שונות

קליפורניה, ATC-20 (1989); ATC-20-2 (1995)

- מיון וארגון עבודות החירום באחריות רשות מקומית.
- מיון מבוצע ע"י מתנדבים ממקצועות הבניה (מהנדסים, ארכיטקטים, מפקחים) שהוכשרו לכך.
- 2 דרגות מיון בשלב התגובה הראשונית:
 - **מיון מהיר** (Rapid Evaluation)
 - **מיון מפורט** (Detailed Evaluation)
- **הערכה הנדסית** מבוצעת בשלב מאוחר יותר (באחריות בעל המבנה) ע"י מהנדס מבנים. ההערכה ההנדסית מבוצעת לאחר מיון מפורט, כאשר בדיקה ויזואלית אינה מספקת ומשמשת גם להערכת עלות תיקון הנזק.
- 3 קטגוריות לסיווג:
 - **ירוק**- נבדק (Inspected)
 - **צהוב**- שימוש מוגבל (Restricted Use)
 - **אדום**- מסוכן (Unsafe)
- סווג הנזק לפי קריטריונים איכותיים: ללא נזק-קל/בינוני/כבד.

יפן, (2002)

- מיון באחריות מערך חירום ברשות מקומית.
- באופן כללי מיון מבוצע ע"י מהנדסי רשויות מקומיות. באירועים גדולים מגייסים מתנדבים ממקצועות הבניה (מהנדסים, ארכיטקטים) שהוכשרו לכך.
- 2 דרגות מיון בשלב התגובה הראשונית:

- **מיון מהיר** (Emergency Stage)
- **מיון מפורט** (Quasi-stable Stage)
- **הערכה הנדסית** (Stable Stage) מבוצעת בשלב מאוחר לצורך תיקון ואכלוס לזמן ארוך.
- 3 קטגוריות לסיווג:
- **ירוק**- נבדק (Inspected)
- **צהוב**- שימוש מוגבל (Restricted Use)
- **אדום**- מסוכן (Unsafe)
- קריטריונים מספריים לנזק, בהתאם ל**דרגת הנזק** (Damage Rank) המתבססת על סווג בתקן האירופאי **EMS** (European Macroseismic Scale):
- דרגות O, I, II, III, IV, V לנזקים מבניים
- דרגות A, B, C לנזקים לא מבניים
- התיוג מבוצע בהתאם לשקלול של רמות הנזק באלמנטים שונים במבנה ובסביבתו.
- במדריך מופיעות המחשורות ויזואליות לדרגות נזק שונות בהתאם לסוג המבנה, תמונות, טווחי נטייה ועוד.
- נעשה שימוש בטפסי מיון שונים בהתאם לסוג המבנה (בטון מזוין RC; מבנה משולב פלדה ובטון SRC; מבני פלדה ומבני עץ).

ניו זילנד, (2009)

- הנוהל מבוסס בעיקרו על ATC-20 האמריקני.
- מיון מבוצע ע"י מתנדבים ממקצועות הבניה (מהנדסים, ארכיטקטים, מפקחים) שהוכשרו לכך.
- מיון באחריות רשות מקומית.
- לאחר הרעידה מבוצעת ראשית **סקירת נזקים כללית** (Overall Damage Survey).
- 2 דרגות מיון בשלב התגובה הראשונית:
- **מיון מהיר רמה 1** (Level 1 Rapid Evaluation)
- **מיון מהיר רמה 2** (Level 2 Rapid Evaluation)
- **הערכה הנדסית** (באחריות בעל המבנה) מבוצעת ע"י מהנדס מבנים בלבד לאחר מיון מפורט, כאשר בדיקה ויזואלית אינה מספקת
- 3 קטגוריות לסיווג:
- **ירוק**- נבדק (Inspected)
- **צהוב**- שימוש מוגבל (Restricted Use)
- **אדום**- מסוכן (Unsafe)
- קריטריונים איכותיים לנזק קל/בינוני/כבד

יוון, EPPO (1997)

- מיון מבוצע ע"י מהנדסי מבנים.
- מיון באחריות רשות מקומית.
- 2 דרגות מיון בשלב התגובה הראשונית:
- **מיון מהיר דרגה 1** (First Degree Rapid Usability Evaluation)
- **מיון דרגה 2** (Second Degree Inspection) הכולל איסוף נתונים מפורט.
- 3 קטגוריות לסיווג:
- **ירוק**- **שמיש** (Usable)

- **צהוב- לא שמיש זמנית** (Temporarily Unusable)
- **אדום- לא שמיש/מסוכן** (Unusable/Dangerous)
- קריטריונים איכותיים בעיקרם לנזק: ללא נזק-קל/ בינוני-כבד/ כבד מאד-הרס כאשר הקריטריונים לכל רמה מתוארים באופן מילולי.
- עבור מבני בטון הגדרת רוחב סדק גבולי לכל רמת נזק.

רומניה, MDPWH (2007):

- שיטת המיון מבוססת על ATC-20 האמריקני אך משלבת גם אלמנטים ממדינות אחרות.
- בשיטה משולבת גם הגישה היפנית של שימוש בתמונות הרס לקביעת הקשר בין רמת הנזק לבין התיוג המתאים.
- שולבה הגישה האמריקנית להכשרת כוח אדם טכני והגישה הניו-זילנדית לניהול האירוע.
- המבנים מחולקים לשלוש קבוצות:
 - **A** - מתקנים חיוניים
 - **B** - מבנים בעלי 5 קומות ומעלה
 - **C** - מבנים עד 4 קומות
- המיון מבוצע ע"י כוח אדם בעל רמות הכשרה שונות בהתאם לקבוצת המבנה כדלהלן:
 - **מבנים בקבוצה A** - מהנדסי מבנים מומחים מוסמכים למטרה זאת
 - **מבנים בקבוצה B** - מהנדסי מבנים או חוקרים בתחום המבנים/ רעידות אדמה
 - **מבנים בקבוצה C** - מפקחים ממקצועות הבניה (מהנדסים, אדריכלים, טכנאים מנוסים)
- 2 דרגות מיון בשלב התגובה הראשונית:
 - **מיון מהיר** (Quick post-Seismic Inspection)
 - **מיון טכני מהיר** (Rapid Technical Evaluation)
- **הערכה הנדסית** (Technical Expert Evaluation) לצורך תיקון ואכלוס לזמן ארוך.
- 4 קטגוריות לסיווג:
 - **ירוק- נבדק** (Inspected Building)
 - **צהוב- שימוש מוגבל** (Limited Entry)
 - **כחול- מבנה עם אזורים מסוכנים** (Building with Unsafe Zones)
 - **אדום- מסוכן** (Unsafe Building- No Entry)

ספרד, (הצעה 2009):

- מיון ושירותי חרום באחריות מערך חירום ברשות מקומית.
- מיון מבוצע ע"י מתנדבים ממקצועות הבניה (מהנדסים, ארכיטקטים) שהוכשרו לכך.
- שיטה מוצעת (PEBSA (Post-Earthquake Building Safety Assessment) כוללת תגובה לאירוע ב-5 שלבים בשלב התגובה הראשונית:
 - **סקירת נזקים** (Quick-PEBSA)
 - **חילוץ** (Rescue-PEBSA)
 - **מיון מהיר** (Rapid-PEBSA)
 - **מיון מפורט** (Detailed-PEBSA)
- **הערכה הנדסית** (Engineering-PEBSA) מבוצעת בשלב השיקום לצורך תיקון ואכלוס לזמן ארוך.
- 4 קטגוריות לסיווג:
 - **ירוק- נבדק** (Inspected)

- **צהוב**- שימוש מוגבל (Limited Use)
- **כתום**- מסוכן (Unsafe- Not Entry)
- **אדום**- מסוכן מאד- סכנת התמוטטות (Very Unsafe- Danger of Collapse)
- הנזק נמדד עפ"י קריטריונים מספריים בהתאם לדרגת הנזק (Damage Rank) ב-EMS בסולם של 0, 1 עד 5.

15.3. מסקנות ולקחים

- א. בשלושים השנה האחרונות ישנה במדינות רבות מודעות הולכת וגוברת לחשיבותה של הערכות ברמה לאומית להתמודדות עם נזקי רעידת אדמה. ההערכות מתבטאת הן בחקיקה המסדירה את מערך החירום והן בנהלים טכניים והכשרת כוח אדם יעודי לביצוע הערכה של בטיחות אכלוס (מיון) המבנים שנפגעו.
- ב. ניסיון רב שהצטבר מראה כי בשלבים מיידיים לאחר הרעידה, בנוסף לקורבנות בנפש ונזקים למבנים ותשתיות בעקבות הרעידה, קיימת חרדה בקרב מפונים שבתיהם נפגעו לגבי הבטיחות לאכלוס חוזר של בתיהם והשבת רכוש מהמבנים הפגועים. מערכות חירום למיון מבנים המתפקדות כראוי עשויות להקטין את מספר המפונים ללא צורך ואף לזרז את תהליך השיקום ועלותו.
- ג. רוב הנהלים הטכניים הקיימים למיון מבנים מבוססים על שתי דרגות הערכה בשלב התגובה המיידית, קרי מיון מהיר ומיון מפורט, כאשר הערכה הנדסית מפורטת לצורך תיקון ואכלוס לטווח ארוך מבוצעת רק בשלב השיקום. תיוג המבנים כולל לרוב שלוש רמות: ירוק (נבדק), צהוב (שימוש מוגבל) ואדום (מסוכן).
- ד. ATC-20 האמריקני ונהלים למיון במדינות רבות אחרות מבוססים על הערכה איכותית של הנזקים, המובילים לסקירה ותיוג המבנה בזמן קצר יחסית.
- ה. נהלים לסקירה מפורטת המבוססת על שקלול קריטריוני נזק מספריים ואיסוף נתונים רב (לדוגמה: ביפן וביוון) הוכחו כגוזלי זמן רב מידי בשלב התגובה הראשונית ולכן קשים ליישום באירועים רחבי היקף.
- ו. מודגשת החשיבות של הכשרה וניהול מאגר סוקרים רחב ככל האפשר, המחייב גיוס כוח-אדם מנוסה בעל הכשרה טכנית במגוון מקצועות בענף הבניה (מהנדסים, אדריכלים והנדסאים).
- ז. הכשרת הסוקרים צריכה להיות מתאימה למגוון רחב של רמות ידע טכני. הניסיון ושיקול הדעת של הסוקרים הם בעלי חשיבות מכרעת בהצלחת תהליך המיון.
- ח. ברוב המקרים הערכת נזקים במתקנים חיוניים תבוצע בידי מהנדסי מבנים מומחים המוקצים מראש למטרה זאת.

15.4. רשימת מקורות

"תכנית שיקום לאומית בעקבות רעידת אדמה בישראל – תרחיש יחוס", וועדת ההיגוי הלאומית להיערכות לרעידות אדמה בישראל, יולי 2004

ASCE/SEI 41-06, "Seismic Rehabilitation of Existing Buildings," Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston VA, 2007.

ATC 14 "Evaluation of Seismic Resistance of Existing Buildings," Applied Technology Council, Redwood City, California, 1987.

ATC 20 "Procedures for Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings," Applied Technology Council, Redwood City, California, 1989.

ATC 20-1 "Field Manual: Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings, Second Edition (revised in 2005)," Applied Technology Council, Redwood City, California, 2005.

ATC 20-2 "Addendum to the ATC 20 Post-earthquake Building Safety Procedures," Applied Technology Council, Redwood City, California, 1995.

ATC 20-3 "Case Studies in Rapid Post-earthquake Safety Evaluations of Building," Applied Technology Council, Redwood City, California, 1997.

ATC-35 Tech brief 2 "Earthquake Aftershocks – Entering Damaged Buildings," Applied Technology Council, Redwood City, California, 1999.

CAPSS – Community Action Plan for Seismic Safety, Task 3, "Development of Post-Earthquake Repair Provisions, Draft Report", Applied Technology Council, , Redwood City, California, November 3, 2010.

Dandoulaki M., Panoutsopoulou M. and Ioannides K., "An Overview of Post-earthquake Building Inspection Practices in Greece and the Introduction of a Rapid Building Usability Evaluation Procedure after the 1996 Konitsa Earthquake," 11th European Conference on Earthquake Engineering, 1998 Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Earthquake Field Investigation Report - L'Aquila Earthquake Italy, April 6, 2009," Global Risk Miyamoto International, Report M6.3, 2009.

FEMA 306, "Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Basic Procedures Manual," Federal Emergency Management Agency, Washington DC, 1999.

FEMA 307, "Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Technical Resources," Federal Emergency Management Agency, Washington DC, 1998.

FEMA 308, "The Repair of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Basic Procedures Manual," Federal Emergency Management Agency, Washington DC, 1999.

Georgescu S., Crainic L., Vacareanu R., Chesca B., Balan C., Stamatiade C.P. and Ionescu G., "A Methodology for Post-earthquake Damage Investigation and Safety Assessment of Buildings in Romania, in Euro-Mediterranean and Worldwide Context," The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, 2008, Beijing, China.

Goretti A. and Di Pasquale G., "An Overview of Post-earthquake Damage Assessment in Italy," EERI Invitational Workshop – An Action Plan to Develop Earthquake Damage and Loss Data Protocols, September 19th and 20th, 2002, Pasadena, California.

DeWolfe J. D., "Training Manual for Human Services Workers in Major Disasters," Substance Abuse and Mental Health Services Administration, DDHS Publication No. ADM-90-538, Washington D.C., 2000.

JRC European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen, "Field Manual for Post-earthquake Damage and Safety Assessment and Short Term Countermeasures (AeDES)," EUR 22868 EN, 2007.

New Zealand Society for Earthquake Engineering, 2009, "Building Safety Evaluation during a State of Emergency – Guidelines for Territorial Authorities."

Takahashi Kaminosono, Fumitoshi Kumazawa and Yoshiaki Nakano, 2002, "Quick Inspection Manual for Damaged Reinforced Concrete Buildings due to Earthquakes (Govt. of JAPAN) based on the disaster of 1999 Kocaeli earthquake in Turkey."

The Japan Building Disaster Prevention Association, 1991, "Standard for Evaluation of Damage Level of Earthquake Damaged Buildings and Guidelines for Repair Techniques."

Vidal F., Feriche M. and Ontiveros A., "Basic Techniques for Quick and Rapid Post-Earthquake Assessments of Building Safety," 8th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction, 15-18 March 2009, Almeria, Spain.

Yoshiaki Nakano, "Quick Inspection of Damaged Buildings due to 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake," INCEDE Report 15 (Jointly with ERS and KOBEnet, 1999.

נספח א': טופס תיעוד מיון מבנה ראשוני

טופס תיעוד מיון מבנה ראשוני

תיוג של המבנה ☐ מתאים לאכלוס ☐ מוגבל בשימוש ☐ מבנה מסוכן	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> פרטים כלליים תאריך: _____ שם הסוקר: _____ שם הסוקר: _____ הערות: _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> שעה: _____ תפקיד: _____ תפקיד: _____ </td> </tr> </table>	פרטים כלליים תאריך: _____ שם הסוקר: _____ שם הסוקר: _____ הערות: _____	שעה: _____ תפקיד: _____ תפקיד: _____
פרטים כלליים תאריך: _____ שם הסוקר: _____ שם הסוקר: _____ הערות: _____	שעה: _____ תפקיד: _____ תפקיד: _____		

תיאור המבנה שם המבנה: _____ כתובת: _____ איש קשר/ טלפון: _____ מסי קומות: _____ מסי קומות מרתף: _____ שטח קומה משוער: _____ מסי יחידות דיור: _____ מבנים נספחים: _____	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> ☐ מגורים ☐ מבנה ציבור ☐ מסחר ☐ משרדים ☐ בית ספר ☐ גן ילדים ☐ שירותי חרום ☐ מבנה היסטורי ☐ מבנה ממשל ☐ אחר _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> ☐ לא שלד נאבן, לבנים, קירות בלוקים ללא שלד בטון מזוין) ☐ בטון עם קומות עמודים מפולשת ☐ קירות הקשחה מבטון ☐ שלד פלדה ☐ טרומי ☐ מבנה עץ ☐ אחר _____ </td> </tr> </table>	☐ מגורים ☐ מבנה ציבור ☐ מסחר ☐ משרדים ☐ בית ספר ☐ גן ילדים ☐ שירותי חרום ☐ מבנה היסטורי ☐ מבנה ממשל ☐ אחר _____	☐ לא שלד נאבן, לבנים, קירות בלוקים ללא שלד בטון מזוין) ☐ בטון עם קומות עמודים מפולשת ☐ קירות הקשחה מבטון ☐ שלד פלדה ☐ טרומי ☐ מבנה עץ ☐ אחר _____
☐ מגורים ☐ מבנה ציבור ☐ מסחר ☐ משרדים ☐ בית ספר ☐ גן ילדים ☐ שירותי חרום ☐ מבנה היסטורי ☐ מבנה ממשל ☐ אחר _____	☐ לא שלד נאבן, לבנים, קירות בלוקים ללא שלד בטון מזוין) ☐ בטון עם קומות עמודים מפולשת ☐ קירות הקשחה מבטון ☐ שלד פלדה ☐ טרומי ☐ מבנה עץ ☐ אחר _____		

סקירה ☐ חיצונית ופנימית ☐ חיצונית ופנימית ☐ חיצונית ופנימית	איזור ההערכה ☐ כלל המבנה ☐ חלק מהמבנה ☐ מבנה נספח
--	--

הערכת סיכונים <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">תאור</td> <td style="width: 10%;">חמור</td> <td style="width: 10%;">בינוני</td> <td style="width: 10%;">לא קיים/שולי</td> <td style="width: 50%;"> - קריסה, קריסה חלקית, או נפילה מיסודות - נטייה של הבניין או קומה - סדיקה בקירות, עמודים או נזק מבני אחר - מעקות, אלמנטים תלולים או סכנת נפילה אחרת - גלישת מדרון, סדיקי קרקע - סיכון אחר _____ </td> </tr> </table>	תאור	חמור	בינוני	לא קיים/שולי	- קריסה, קריסה חלקית, או נפילה מיסודות - נטייה של הבניין או קומה - סדיקה בקירות, עמודים או נזק מבני אחר - מעקות, אלמנטים תלולים או סכנת נפילה אחרת - גלישת מדרון, סדיקי קרקע - סיכון אחר _____
תאור	חמור	בינוני	לא קיים/שולי	- קריסה, קריסה חלקית, או נפילה מיסודות - נטייה של הבניין או קומה - סדיקה בקירות, עמודים או נזק מבני אחר - מעקות, אלמנטים תלולים או סכנת נפילה אחרת - גלישת מדרון, סדיקי קרקע - סיכון אחר _____	

סיכום תוצאות המיון

תיוג את המבנה לפי תוצאות הסקירה הנוכחית ושיקול דעת הסוקר. **זכור:**

- נזק חמור כללי: המסכן את היציבות של המבנה כולו או סיכונים אחרים במבנה בכללותו מחייבים תג "מבנה מסוכן" (אדום)
- נזק חמור מקומי או נזק מתון כללי מאפשרים תג "מוגבל בשימוש" (צהוב) תוך ציון המגבלות ע"ע התג
- יש להציב תגים בכל הכניסות למבנה

סמן כאן ובראש העמוד את התיוג המתאים:

☐ מתאים לאכלוס
 ☐ מוגבל בשימוש
 ☐ מבנה מסוכן

ציון מגבלות שימוש כפי שגורסו על התג: _____

המלצות למיון נוסף או לפעולות נוספות

אם נדרשות פעולות נוספות סמן כנדרש:

☐ חסימת גישה דרושה באזורים הבאים: _____
☐ נדרש מיון מפורט ☐ מבני ☐ גיאטכני ☐ חומרים מסוכנים ☐ אחר _____
☐ המלצות נוספות _____
 הערות: _____

נספח לטופס תיעוד מיון ראשוני

נספח ב': טופס תיעוד מיון מבנה מפורט

טופס תיעוד מיון מבנה מפורט

פרטים כלליים

תיאור סופי של המבנה

מעמוד 2

☐ מתאים לאכלוס
☐ מוגבל בשימוש
☐ מבנה מסוכן

	שעה:		תאריך:
	תפקיד:		שם הסוקר:
	תפקיד:		שם הסוקר:
			הערות:

תיאור המבנה

סוג הבניה

שימוש

☐ לא שלוד
☐ שלוד – קירות הקשחה
☐ שלוד – מסגרות בטון
☐ שלוד – מסגרות פלדה
☐ שלוד – אלכסוני פלדה
☐ טרומי
☐ מבנה עץ
☐ אחר _____

☐ מגורים	
☐ מבנה ציבור	
☐ מסחר	
☐ משרדים	
☐ בית ספר	
☐ גן ילדים	
☐ שרותי חרום	
☐ מבנה היסטורי	מ"ר _____
☐ מבנה ממשל	
☐ אחר _____	חנייה/ מחסן/ אחר _____

שם המבנה: _____

כתובת: _____

איש קשר/ טלפון: _____

מס' קומות: _____

מס' קומות מרתף: _____

שטח קומה משוער: _____

מס' יחידות דיור: _____

מבנים נספחים: _____

הערכת סיכונים

☐ כלל המבנה

☐ חלק מהמבנה _____

☐ מבנה נספח _____

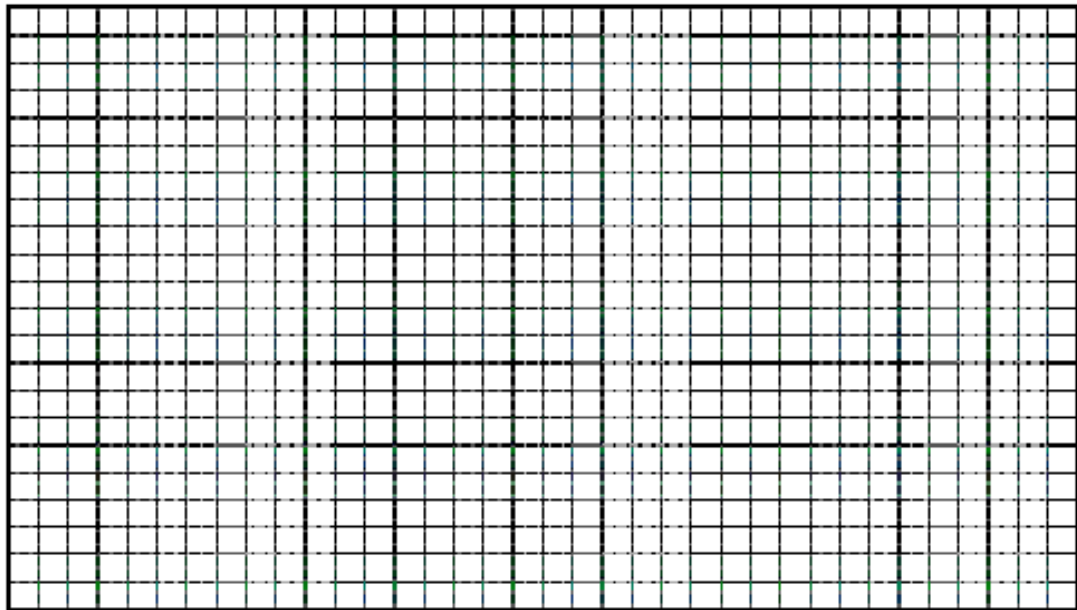
יציבות כללית

קריסה נשייה צידית	מלאה / חלקית / לא קריסה כל המבנה/ קומה	סוג הקריסה הערות/תאור	נפילה/ אלמנטים תלויים/ שכבות נוטות/ פנקייק/ ערמות שפוכות
סיכונים קונסטרוקטיביים			
יסודות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
תקרות/ קורות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
עמודים/ קירות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
קירות הקשחה	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
מחברים (טרומי)	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
אחרים	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
סיכונים אחרים			
קירות בני ומחיצות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
קירות מסך וזיגוג	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
תקרות תלויות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
מעליות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
ח' מדרגות וציאות	כבד עד כשל / בינוני / נזק קל / שלם	הערות/תאור	
תשתיות	חשמל/ מים/ גז/ אחר	הערות/תאור	
חומ"ס	נפרץ/ לא נפרץ	הערות/תאור	
סביבת המבנה	מסכנת / לא מסכנת	הערות/תאור	
תזוזות קרקע			
גלישת מדרון, שפוכת	קיים/ לא קיים	הערות/תאור	
תזוזות קרקע/ סדקים	קיים/ לא קיים	הערות/תאור	

טופס תיעוד מיון מבנה מפורט (המשך)

שם הבניין: _____ שם הסוקר: _____

תרשים המבנה והסביבה



מיון קודם

האם בוצע מיון קודם? כן / לא
אם כן, סמן את התיוג הקודם

- ☐ מותאים לאכלוס
☐ מוגבל בשימוש
☐ מבנה מסוכן

שם הסוקר: _____ תאריך: _____
המלצות קודמות: _____

סיכום תוצאות המיון

אם נדרש, יש לשנות את התיוג לפי תוצאות הסקירה הנוכחית ושיקול דעת הסוקר.
זכור:

- נזק חמור כללי המסכן את היציבות של המבנה כולו או סיכונים אחרים במבנה בכללותו מחייבים תג "מבנה מסוכן" (אדום).
- נזק חמור מקומי או נזק מתון כללי מאפשרים תג "מוגבל בשימוש" (צהוב) תוך ציון המגבלות ע"פ התג.

סמן כאן ובראש עמוד 1 את התיוג המתאים:

☐ מותאים לאכלוס ☐ מוגבל בשימוש ☐ מבנה מסוכן

ציין מגבלות שימוש כפי שנרשמו על התג:

המלצות למיון נוסף

סמן פעולות נוספות נדרשות

☐ חסימת גישה באזורים: _____

☐ נדרשות הערכה הנדסית ע"י מומחה: _____ מהנדס מבנים / מהנדס קרקע / חומ"ס / אחר

☐ המלצות נוספות: _____

נספח ג': טופס תיעוד ציוד מקובע

טופס תיעוד ציוד מקובע

פרטים כלליים תאריך: _____ שעה: _____
שם הסוקר: _____ תפקיד: _____
שם הסוקר: _____ תפקיד: _____

מבנה / מתקן שם המבנה / מתקן: _____
כתובת: _____
איש קשר / טלפון: _____

הערות	נזק לציוד			רשימת תיעוד - כללי
	קיים נזק (מושבבת)	קיים נזק (אך שמיש)	ללא נזק	פריט
_____	☐	☐	☐	דוודים ראשיים
_____	☐	☐	☐	ציוד למזוג-אוויר
_____	☐	☐	☐	גנרטור חירום
_____	☐	☐	☐	מיכלי דלק
_____	☐	☐	☐	כוננים למצברים
_____	☐	☐	☐	משאבות מי כיבוי אש
_____	☐	☐	☐	מיכלי מים
_____	☐	☐	☐	ציוד תקשורת
_____	☐	☐	☐	שנאים ראשיים
_____	☐	☐	☐	לוחות חשמל ראשיים
_____	☐	☐	☐	מעליות (חשמליות)
_____	☐	☐	☐	ציוד מקובע אחר:
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	_____

רשימת תיעוד – פריטים יחודיים לבתי חולים ותחנות עזרה ראשונה

_____	☐	☐	☐	ציוד עם קרינה רדיואקטיבית
_____	☐	☐	☐	אחסון כימיקלים וחומ"ס
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	_____
_____	☐	☐	☐	מיכלי חמצן נוזלי
_____	☐	☐	☐	אחר: _____
_____	☐	☐	☐	_____

הערות / המלצות: _____

נספח ד': תגים לסיווג מבנים

מרתאנים לאכלוס

אין הגבלה על אכלוס ושימוש במבנה

תאריך

שעה

מבנה זה נסקר במסגרת תגובה למצב
חירום עבור הרשות המוסמכת:

(שם הרשות)

בתאריך ובשעה המצוינים לעיל

שמות הסוקרים / תפקיד:

מבנה זה נסקר לצורך הערכת בטיחות

לאיכילוס (כמפורט לעיל) ולא נמצאו בו גורמי
סיכון נראים לעין.

במידה ומתגלה במבנה מצב חשוד כמסוכן
יש לדווח עליו לרשות החירום המוסמכת.
יתכן ותדרש סקירה נוספת.

☐ חיצונית בלבד

☐ חיצונית ופנימית

שם וכתובת המבנה:

אין להסיר תג זה עד להכרזת סיום מצב

החירום על ידי רשות מוסמכת

מוגבל בשימוש

מחוץ לתחום! הכניסה למוישי בלבד

תאריך _____

שעה _____

מבנה זה נסקר במסגרת תגובה למצב
חירום עבור הרשות המוסמכת:

(שם הרשות)

בתאריך ובשעה המצוינים לעיל

שמות הסוקרים / תפקיד:

מבנה זה ניזוק ובטיחות השימוש בו מוטלת

בספק. הכניסה למבנה מסוכנת.

רעידות חוזרות עלולות לגרום למוות או
לפציעה חמורה.

מגבלות אכלוס ושימוש

☐ כניסה לצרכי חירום בלבד

☐ אחר _____

שם וכתובת המבנה:

אין להסיר תג זה עד להכרזת סיום מצב
החירום על ידי רשות מוסמכת

מבנה מסוכן

כניסה ואכלוס אסורים בהחלט!

תאריך _____

מבנה זה ניזוק בצורה חמורה והוא מסוכן.

שעה _____

הכניסה אסורה בהחלט!

מבנה זה נסקר במסגרת תגובה למצב
חירום עבור הרשות המוסמכת:

כניסה למבנה עלולה לגרום למוות או לפציעה
חמורה.

(שם הרשות)

הערות:

בתאריך ובשעה המצוינים לעיל

שמות הסוקרים / תפקיד:

שם וכתובת המבנה:

אין להסיר תג זה עד להכרזת סיום מצב
החירום על ידי רשות מוסמכת

נספח ה': דוגמה למיון מבנה ראשוני

בנספח זה מתוארת דוגמה (פיקטיבית) למילוי טופס מיון מבנה ראשוני. המבנה שנבחר לצורך הדוגמה הוא בניין מגורים בן 6 קומות עם קומת מסחר שנפגע ברעידת האדמה בתורכיה Izmit (Kocaeli) Earthquake $M_w 7.6$ שהתרחשה בתאריך 17.8.1999.

מבט כללי על הבניין מתואר באיור ה-1 להלן.

נזקי חוץ מתוארים באיור ה-2 להלן.

ההנחה היא שבסקירה ראשונית לא זוהה סוג מערכת ההקשחה, ובוצעה סקירה חיצונית בלבד.

המבנה סווג "צהוב" עם המלצה לסקירה מפורטת. טופס מלא של תיעוד סקירה ראשונית מתואר באיור ה-3.



תרשים ה-1: מבט כללי על בניין שנפגע ברעידת האדמה Kocaeli בתורכיה בשנת 1999. תמונה באדיבות ד"ר אדי ליבוביץ'.



תרשים ה-2: נזקים שתועדו בקומות התחתונות של הבניין בסקירה חיצונית.
 תמונות באדיבות ד"ר אדי ליבוביץ'.

טופס תיעוד מיון מבנה ראשוני

תיגוג של המבנה

- ☐ מתאים לאכלוס
☒ מוגבל בשימוש
☐ מבנה מסוכן

פרטים כלליים

תאריך: _____ שעה: _____
 שם הסוקר: _____ תפקיד: _____
 שם הסוקר: _____ תפקיד: _____
 הערות: _____

תיאור המבנה

שם המבנה: _____
 כתובת: _____
 איש קשר/ טלפון: _____
 מס' קומות: _____
 מס' קומות מרתף: _____
 שטח קומה משוער: _____
 מס' יחידות דיור: _____
 מבנים נספחים: _____

שימוש

- ☒ מגורים
☐ מבנה ציבור
☒ מסחר
☐ משרדים
☐ בית ספר
☐ גן ילדים
☐ שדות חרום
☐ מבנה היסטורי
☐ מבנה ממשל
☐ אחר

מבנה לדוגמה

תורכיה

6

500

20

חנייה/ מחסן/ אחר

סוג הבניה

- ☐ לא שלד (אבן, לבנים, קירות
 בלוקים ללא שלד בטון מזוין)
☐ בטון עם קומות עמודים מפולשת
☐ קירות הקשחה מבטון
☐ שלד פלדה
☐ טרומי
☐ מבנה עץ
☐ אחר ???

סקירה

- ☒ חיצונית בלבד
☐ חיצונית בלבד
☐ חיצונית בלבד
☐ חיצונית ופנימית
☐ חיצונית ופנימית
☐ חיצונית ופנימית

איזור ההערכה

- ☒ כלל המבנה
☐ חלק מהמבנה
☐ מבנה נספח

הערכת סיכונים

תיאור	חמור	בינוני	לא קיים/שולי
_____	☐	☐	☒
_____	☐	☐	☒
_____ (1); (2)	☐	☒	☐
_____ (3)	☐	☒	☐
_____	☐	☐	☒
_____	☐	☐	☒

סיכום תוצאות המיון

תייג את המבנה לפי תוצאות הסקירה הנוכחית ושיקול דעת הסוקר. זכור:
 - נזק חמור כללי המסכן את היציבות של המבנה כולו או סיכונים אחרים במבנה בכללותו מחייבים תג "מבנה מסוכן" (אדום)
 - נזק חמור מקומי או נזק מתון כללי מאפשרים תג "מוגבל בשימוש" (צהוב) תוך ציון המגבלות ע"י תג
 - יש להציב תגים בכל הכניסות למבנה

סמן כאן ובראש העמוד את התיג המתאים:

☐ מתאים לאכלוס
☒ מוגבל בשימוש
☐ מבנה מסוכן

ציין מגבלות שימוש כפי שגורשו על התג: _____
 מיון מפורט. כניסה מואספת ולמחן קצר מתרת לדירית פלפד - על אחריותם.

המלצות למיון נוסף או לפעולות נוספות

אם נדרשות פעולות נוספות סמן כנדרש:
☒ חסימת גישה דרושה באזורים הבאים:
☒ נדרש מיון מפורט ☒ מבני ☐ גיאוטכני ☐ חומרים מסוכנים ☐ אחר
☐ המלצות נוספות
 הערות: _____

תרשים ה-3: טופס תיעוד מיון ראשוני עבור שנפגע ברעידת האדמה Kocaeli בתורכיה בשנת 1999
 (פיקטיבי).

נספח לטופס תיעוד מיון ראשוני

תיאור גורמי סיכון – מבנה לדוגמה

קריטריון 3: סדיקה בקירות, צמודים או נלק מבני אחר

- (1) סדיקה אלכסונית נראית לצין בצמודים וקירות חוץ בשתי קומות תחתונות.
- (2) מציבה וחסיפת זיון בתחתית וראש צמודים בקיר חיצוני בקומת קרקע.

קריטריון 4: מעקות, אלמנטים תלולים או סכנת נפילה אחרת

- (3) נפילה ציפוי קרמיקה מהקירות בכניסה האחורית לבניין.

נספח ו': דוגמה למיון מבנה מפורט

בנספח זה מתוארת דוגמה (פיקטיבית) למילוי טופס מיון מבנה מפורט למבנה המתואר בנספחה' לעיל. המבנה שנבחר לצורך הדוגמה הוא בניין מגורים בן 6 קומות עם קומת מסחר שנפגע ברעידת האדמה בתורכיה Izmit (Kocaeli) Earthquake $M_w 7.6$ שהתרחשה בתאריך 17.8.1999.

בסקירה ראשונית שנערכה בתאריך 19.8.1999 לא זוהה סוג מערכת ההקשחה, ובוצעה סקירה חזונית בלבד. המבנה סווג "צהוב" עם המלצה לסקירה מפורטת. מבט כללי על הבניין, תמונות של נזקים שתועדו בחזיתות וטופס מלא של תיעוד סקירה ראשונית נתונים בנספח ה'.

במסגרת סקירה מפורטת זוהה סוג הבניה (מערכת ההקשחה) של הבניין כמסגרות בטון במילוי קירות בני. נזקי פנים מתוארים באיור ו-1 להלן.

בסקירה מפורטת זוהו כשלי גזירה של קירות ועמודים בקומת קרקע (מפולשת) וסכנת נפילה. ממצאים אלה מחייבים סיווג "מבנה מסוכן", כפי שמתואר בטופס תיעוד הסקירה המפורטת (איור ו-2).



תרשים ו-1: נזקים שתועדו בקומת הקרקע של הבניין בסקירה פנימית. תמונות באדיבות ד"ר אדי ליבוביץ'.

טופס תיעוד מיון מבנה מפורט

פרטים כלליים

תיוג סופי של המבנה
מסמך 2

☐ מתאים לאכלוס
☐ מוגבל בשימוש
☒ מבנה מסוכן

תאריך: 9.9.1999
שם הסוקר: משה ישראלי
שם הסוקר: יצחק אורי
הערות:
שעה: 14:00
תפקיד: סוקר - ראש צוות
תפקיד: סוקר
נלק כבד לא ערכת הקשה בקומה מופשת

תיאור המבנה

שם המבנה:
כתובת:
איש קשר/ טלפון:
מסי קומות:
מסי קומות מרתף:
שטח קומה משוער:
מסי יחידות דיוור:
מבנים נסחפים:

מבנה לדואמה

תורכיה

6
500
20
מ"ר
חנייה/ מחסן/ אחר:

שימוש

☒ מגורים
☐ מבנה ציבור
☒ מסחר
☐ משרדים
☐ בית ספר
☐ גן ילדים
☐ שרותי חרום
☐ מבנה היסטורי
☐ מבנה ממשל
☐ אחר:

סוג הבניה

☐ לא שלוד
☐ שלוד - קירות הקשחה
☒ שלוד - מסגרות בטון
☐ שלוד - מסגרות פלדה
☐ שלוד - אלכסוני פלדה
☐ טרומי
☒ מבנה עץ
אחר: **מאלי קירות בני**

הערכת סיכונים

☒ כלל המבנה
☐ חלק מהמבנה
☐ מבנה נסחף

יציבות כללית

נפילה/ אלמנטים תלולים/ שכבות נזילות/ פליק/ ערמת שפוכת

מלאה / חלקית / לא קריסה
כל המבנה/ חלק

קריסה
נטייה צידית

סיכונים קונסטרוקטיביים

סדקי אלירה רחבים בפילות
עמודים וכפס אלירה של
קירות בני בקומה קרקע

כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש

יסודות
תקרות/ קורות
עמודים/ קירות
קירות הקשחה
מחברים (טרומי)
אחרים

סיכונים אחרים

כפס אלירה של קירות בני -
סכנת נפילה

כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש
כבד עד כשל / ביטוני / נוק קל / שיש

קירות בני ומחיצות
קירות מסך הינוג
תקרות תלויות
מעליות
ח' מדרגות וציאיות

תזוזות קרקע

הערות/ תאור

חשמל/ מ"מ/ נז אחר
נפרד/ לא נפרד
מסכנת / לא מסכנת
קייס/ לא קיים
קייס/ לא קיים

תשתיות
חומ"ס
סביבת המבנה
גלישת מדרון,
שבוכת
תזוזת קרקע/
סדקים

תרשים ו-2: טופס תיעוד מיון מפורט עבור שנפגע ברעידת האדמה Kocaeli בתורכיה בשנת 1999 (פיקטיבי).

טופס תיעוד מיון מבנה מפורט (המשך)

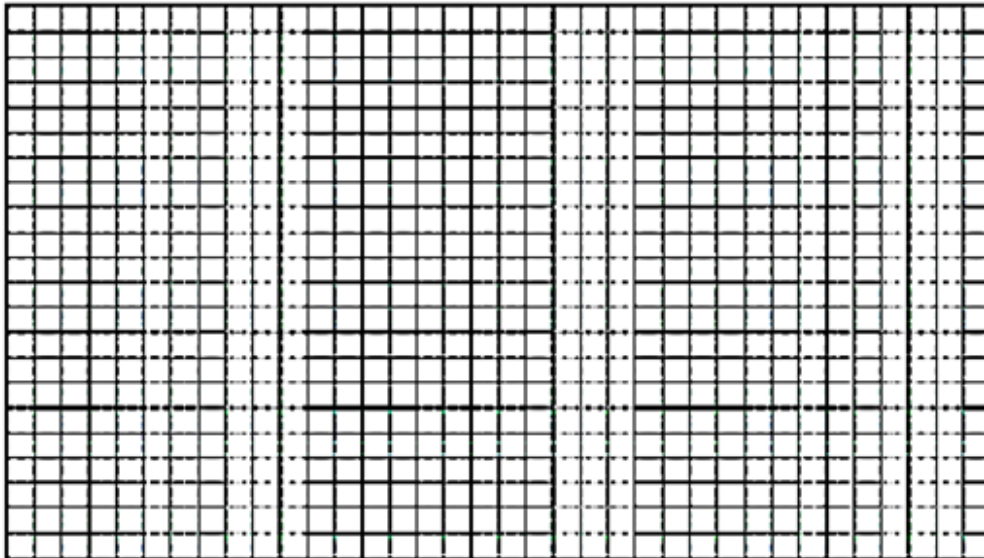
מנה ישראל

שם הסוקר:

מנה

שם הבניין:

תרשים המבנה והסביבה



מיון קודם

האם בהצע מיון קודם? ☒ כן / ☐ לא
אם כן, סמן את התיוג הקודם

☐ מותאים לאכלוס
☒ מוגבל בשימוש

☐ מבנה מסוכן

6.9.1999

תאריך:

אבי בר

שם הסוקר:

המלצות קודמות:

סיכום תוצאות המיון

אם נדרש, יש לשנות את התיוג לפי תוצאות הסקירה הנוכחית
ושיקול דעות הסוקר.

זכור:

-נוק חמור כללי: הסכסוך את הציבות של המבנה סלול או סיסטמי
אחרים במבנה בכללותו מהיכרים תג "הבנה כסוכן" (אדום).
-נוק חמור מקומי או נזק מתון כללי מאפשרים תג "מוגבל בשימוש"
(צהוב) תוך ציון המגבלות ע"פ התג.

סכסוך כגון ובראש עמוד 1 את התיוג המתאים:

☐ מתאים לאכלוס ☐ מוגבל בשימוש ☒ מבנה מסוכן

ציון מגבלות שימוש כפי שנושמו על התג:

המלצות למיון נוסף

סמן פעולות נדרשות

☐ חסימת גישה באזורים:

☐ נדרשות הערכה הנדסית ע"י מומחה: מהנדס מבנים / מהנדס קרקע / רומ"ס / אחר

☐ המלצות נוספות:

