

防災・安全対策技術者のための衝撃作用を受ける土木構造物の性能設計
—基準体系の指針—

目次

第 I 編	衝撃作用を受ける構造物の性能設計型包括設計コード	1
1.	総則	3
1.1	目的	3
1.2	適用範囲	4
1.3	本包括設計コードの記述方針	4
2.	要求性能および性能規定	5
2.1	一般	5
2.2	衝撃作用の発生頻度と作用の種別	6
2.3	衝撃作用に対する限界状態	7
3.	重要度	9
4.	照査	11
5.	審査	13
6.	用語の定義	15
第 II 編	衝撃作用を受ける各種構造物の包括設計コード	19
1.	落石防護構造物の包括設計コード	21
1.1	総則	21
1.1.1	目的	21
1.1.2	適用範囲	21
1.1.3	本コードの記述方針	21

1.1.4	用語の定義	22
1.2	目的・要求性能・性能規定	22
1.2.1	落石防護構造物の設置目的	22
1.2.2	落石防護構造物の設計供用期間	23
1.2.3	落石防護構造物の重要度	24
1.2.4	作用	24
1.2.5	限界状態	26
1.2.6	要求性能	26
1.2.7	性能規定	27
1.3	照査方法	32
1.3.1	構造物の実験による性能照査法	32
1.3.2	構造物の解析による性能照査法	32
1.4	審査方法	33
2.	ワイヤロープ型落石防護工の包括設計コード	39
2.1	総則	39
2.1.1	本コードの目的	39
2.1.2	本コードの適用範囲	39
2.1.3	本コードの記述方針	39
2.1.4	用語	39
2.2	落石防護工の目的と種類	40
2.2.1	落石防護工の設置目的	40
2.2.2	落石防護工の種類	41
2.2.3	ワイヤロープ型落石防護工の種類	43
2.3	要求性能，性能規定および照査方法	45
2.3.1	ワイヤロープ型落石防護工の設計供用期間	45
2.3.2	ワイヤロープ型落石防護工の要求性能の設定	46
2.3.3	ワイヤロープ型落石防護工の重要度	47
2.3.4	荷重（作用）	47
2.3.5	ワイヤロープ型落石防護工の待ち受け形状に関する要求性能と性能規定	48
2.3.6	主部の落石衝突に対する要求性能，性能規定および照査方法	49
2.3.7	支保部の落石作用に対する要求性能，性能規定および照査方法	52
2.3.8	基礎部の落石作用に対する要求性能，性能規定および照査方法	53
2.3.9	雪崩衝突作用に対する要求性能，性能規定および照査方法	54
2.3.10	石礫および土砂等の堆積作用に対する要求性能	54
2.3.11	地震作用に対する要求性能，性能規定および照査方法	54
2.3.12	その他の作用	55
2.4	耐久性と維持管理計画	55

2.5	破壊限界・性能規定の共通性	55
2.6	既往設計法によらない新技術，新設計コードまたは設計に記述すべき事項	56
2.7	審査	56
3.	車両防護施設の包括設計コード	59
3.1	総則	59
3.1.1	目的	59
3.1.2	適用範囲	59
3.1.3	本コードの記述方針	59
3.1.4	用語の定義	59
3.2	目的・要求性能・性能規定	61
3.2.1	車両防護施設の設置目的と種類	61
3.2.2	車両防護施設の設計供用期間	64
3.2.3	車両防護施設の重要度	64
3.2.4	作用	65
3.2.5	要求性能	67
3.2.6	性能規定	69
3.2.7	地震作用	71
3.2.8	その他の作用	72
3.2.9	その他の構造的配慮	72
3.3	照査方法	73
3.3.1	実車衝突試験による性能照査方法	73
3.3.2	解析による性能照査方法	73
3.3.3	審査方法	73
4.	砂防堰堤の包括設計コード	75
4.1	総則	75
4.1.1	本コードの目的	75
4.1.2	本コードの適用範囲	75
4.1.3	本コードの記述方針	75
4.2	砂防堰堤の目的と種類	75
4.2.1	砂防堰堤の設置目的	75
4.2.2	砂防堰堤の種類	76
4.3	要求性能，性能規定および照査方法	77
4.3.1	砂防堰堤の設計供用期間	77
4.3.2	砂防堰堤の要求性能の設定	78
4.3.3	構造物の重要度	78
4.3.4	荷重（作用）	79
4.3.5	貯砂等の制御に関する要求性能，性能規定および照査方法	79

4.3.6	流水等の制御に関する要求性能, 性能規定および照査方法	80
4.3.7	力学的作用に対する要求性能, 性能規定および照査方法	80
4.3.8	環境作用に対する要求性能および性能規定	85
4.3.9	環境影響に対する要求性能および性能規定	85
4.4	破壊限界・性能規定の共通性	86
4.5	既往設計法によらない新技術, 新設計コードまたは設計に記述すべき事項	86
4.6	審 査	86
第 III 編 耐衝撃性能の解析的照査を行うための基礎事項		93
第 1 章 はじめに		95
第 2 章 構造材料のひずみ速度依存性について		99
2.1	コンクリート材料のひずみ速度依存性	99
2.2	金属材料のひずみ速度効果	103
第 3 章 衝撃作用のモデル化について		107
3.1	衝撃荷重-時間曲線モデル	107
3.1.1	落石の衝撃荷重 (落石対策便覧式)	107
3.1.2	流体による衝撃荷重	110
3.1.3	土石流の衝撃力	116
3.1.4	剛な構造物に柔らかい飛翔体が衝突した場合の衝撃荷重-時間曲線 モデル ^{19),20),21)}	121
3.2	動的接触モデル	122
3.2.1	ラグランジュ型解法による接触問題の数値解法	122
3.2.2	オイラー・ラグランジュ連成法による接触問題の数値解法 ⁴¹⁾	132
第 4 章 衝撃挙動と数値解法		139
4.1	全体応答に対する照査	139
4.1.1	衝撃荷重の特性が構造物の応答に与える影響	139
4.1.2	離散化レベルが異なる各種解析による RC はりの全体応答解析	142
4.2	局所応答に対する照査法 (高速衝突物によるコンクリートの局所破壊に関する解析)	168
4.2.1	はじめに	168
4.2.2	高速衝突を受けるコンクリートの局所破壊の特徴	169
4.2.3	局所破壊の解析における留意点に関する検討	170
4.2.4	コンクリートのひずみ速度依存性および圧力依存性を考慮したモデルによる衝突解析	178

第 IV 編 衝撃実験による RC 部材（はり・版）の性能照査法に関する一 提案	191
第 1 章 衝撃実験法	193
1.1 はじめに	193
1.2 試験体製作および実験装置の設置	193
1.2.1 実験条件の設定	193
1.2.2 重錘の選定	194
1.2.3 重錘のつり上げと落下	194
1.2.4 試験体の設置	195
1.3 計測準備	196
1.3.1 センサー	196
1.3.2 応答波形の計測	197
1.3.3 ノイズ処理	197
第 2 章 衝撃実験による RC はりの性能照査	199
2.1 はじめに	199
2.2 実験の概要	201
2.2.1 実験の概要	201
2.2.2 実験方法及び測定項目	202
2.2.3 材料の力学的特性	203
2.3 実験結果	203
2.3.1 重錘衝撃力，支点反力，載荷点変位波形	203
2.3.2 載荷点変位 D と支点反力 R の関係	205
2.3.3 各種最大応答値の分布性状	206
2.4 耐衝撃設計式の提案	207
2.5 耐衝撃設計式の妥当性検討	209
2.6 まとめ	209
第 3 章 衝撃実験による 4 辺支持 RC 版の性能照査	211
3.1 はじめに	211
3.2 実験の概要	211
3.2.1 RC 版の形状寸法および実験方法	211
3.2.2 測定項目と計測器	213
3.3 実験結果	215
3.3.1 重錘衝撃力 P ，支点反力 R ，載荷点変位 D に関する時刻歴波形	215
3.3.2 各種応答値	215
3.3.3 最大応答値	217

3.4	耐衝撃設計法の提案	219
3.4.1	作用衝撃力	219
3.4.2	動的耐力	221
3.4.3	照査式	221
3.5	まとめ	222
第4章	衝撃実験による2辺支持RC版の性能照査	225
4.1	はじめに	225
4.2	実験の概要	225
4.2.1	実験ケースおよび試験体概要	225
4.2.2	試験装置	227
4.2.3	計測方法	228
4.3	実験結果	228
4.3.1	破壊状況	228
4.3.2	時刻歴応答	230
4.4	耐衝撃設計法の提案	231
4.4.1	限界状態の設定および性能照査の方法	231
4.4.2	二辺支持RC版への適用性の検証	234
4.5	まとめ	235
付録		239
付録-I-1	安全に関する各種規定とリスクマネジメント	239
1.1	安全とは	239
1.1.1	安全に関わる規格	239
1.1.2	安全とは(定義)	239
1.1.3	安全要求原理	240
1.1.4	原子力関連の安全性	241
1.2	リスクマネジメント	242
1.2.1	リスクとリスクマネジメント	242
1.2.2	規格上でのリスク定義	243
1.2.3	リスクの表記法と応用	244
1.2.4	事象と起こりやすさ(落石現象に関してのみ)	246
1.2.5	リスクマネジメント面で求められる防護工の設計耐力について	246
付録-I-2	構造物の重要度—性能マトリクスと部分安全係数—	249
2.1	まえがき	249
2.2	性能マトリクス	249

2.3	部分係数法と設計荷重	250
2.3.1	単一確率変数問題における安全性	251
2.3.2	荷重と抵抗を確率変量とする場合の安全性	254
2.3.3	部分係数の第1次設定法	257
2.3.4	荷重および抵抗力の確率分布を対数生起確率分布とする場合	260
2.3.5	部分係数の計算例	261
付録-II-1 落石作用の設定法		263
1.1	落石作用設定の方針	263
1.1.1	対象となる石	263
1.1.2	落石作用の大きさ	265
1.1.3	落石の作用位置および作用方向	265
1.2	落石シミュレーション	265
1.2.1	落石運動の予測	266
1.2.2	シミュレーションによる方法	268
1.3	あとがき	273

DVD 収録部分

1. 包括設計コード（土木学会）
2. 土木構造物に対する作用の指針（衝撃作用部分の抜粋）（土木学会）
3. 各種 RC 部材・構造物に関する性能照査のための実験例
4. 海外の落石防護柵性能照査試験法
5. スノーシェッド PC 主桁の補強に対する実験による性能照査事例
6. 落石防護柵の性能照査事例
7. 落石補強土擁壁工の性能設計法の検討例
8. フランスにおける新形式のロックシェッド
9. 防護構造物の性能確認実験例（Video 映像を含む）
 - (1) Δ型スリット性能確認実験
 - (2) ソイルセメントを用いた砂防堰堤の衝撃性能確認実験
 - (3) 高エネルギー吸収落石防護柵ループフェンス工法性能確認実験
 - (4) MRK 実験ビデオ
 - (5) カーテンネット工の耐衝撃性能確認実験
 - (6) 車両用防護柵性能確認試験

付属 DVD の使い方

付属 DVD を DVD ドライブに挿入し、DVD ドライブ内にある index.html をダブルクリックして起動してください。

ご注意

付録の DVD の実行結果につきましては、万一損害等が発生しても、公益社団法人土木学会は一切の責任を負いません。あらかじめご承知置きください。