

# Sommario

<b>Prefazione</b>		<b>IX</b>
<b>Capitolo 1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1	La ricostruzione degli incidenti stradali	1
1.2	Struttura dell'opera	5
<b>Capitolo 2</b>	<b>Le forze agenti sul veicolo</b>	<b>9</b>
2.1	Forze aerodinamiche	9
2.2	Contatto ruota-terreno	12
2.2.1	Pressioni di contatto	14
2.2.2	Resistenza di rotolamento	14
2.2.3	Scorrimento e forza longitudinale	18
2.2.4	Forza laterale	23
2.2.5	Aderenza disponibile	25
2.2.6	ABS	28
2.2.7	Fattori che influenzano l'aderenza	30
2.2.8	L'aderenza sul fondo stradale bagnato	33
<b>Capitolo 3</b>	<b>Analisi del moto pre e post-urto del veicolo</b>	<b>37</b>
3.1	Moto rettilineo	37
3.1.1	Accelerazione uniforme	38
3.1.2	Distanza per l'arresto del veicolo ed evitabilità	41
3.1.3	Diagrammi velocità-tempo e distanza di sicurezza fra due veicoli	45
3.1.4	Calcolo della velocità dalle tracce di frenata	50
3.1.5	Distribuzione del carico sugli assi	54
3.1.6	Frenatura ideale	58
3.1.7	Frenatura reale	61
3.1.8	Il sorpasso	63
3.2	Moto in curva	65
3.2.1	Sbandamento in curva: calcolo della velocità critica	65
3.2.2	Calcolo della velocità critica nel caso di veicolo frenato	69
3.2.3	Sbandamento e rotazione attorno all'asse verticale del veicolo: calcolo della velocità dalle tracce	70

	3.3	Moto roto-traslatorio	72
	3.3.1	Simulazione del moto a ruote bloccate	73
	3.3.2	Simulazione del moto a ruote non bloccate	75
	3.3.3	Moto post urto: modello semplificato	76
	3.4	Ribaltamento del veicolo	79
	3.4.1	Ribaltamento in condizioni quasi statiche	80
	3.4.2	Ribaltamento in condizioni dinamiche	81
	3.4.3	Analisi dell'incidente con ribaltamento	84
<b>Capitolo</b>	<b>4</b>	<b>Analisi della fase di urto: modelli impulsivi</b>	<b>87</b>
	4.1	Urti centrati coassiali: modello ad un grado di libertà	89
	4.1.1	Modello ad un grado di libertà	89
	4.1.2	Coefficiente di restituzione	93
	4.1.3	Calcolo delle velocità nel caso generale	96
	4.1.4	Calcolo delle velocità in casi particolari	98
	4.1.5	Energia	99
	4.2	Urti nel piano: modelli a due gradi di libertà	104
	4.2.1	Energia	113
	4.2.2	Direzioni note pre e post-urto dei veicoli	115
	4.2.3	Impatto contro muro con attrito	122
	4.3	Urti nel piano: modelli a tre gradi di libertà	124
	4.3.1	Centro di impatto, piano di contatto e coefficiente di frizione	126
	4.3.2	Urti centrati e urti eccentrici	128
	4.3.3	Modello a tre gradi di libertà	128
	4.3.4	Stima del momento di inerzia dei veicoli	135
	4.3.5	Casi particolari	136
	4.3.6	Energia	144
	4.3.7	Variazione di velocità del veicolo a seguito dell'urto	148
	4.3.8	Variazione di velocità del centro di impatto	155
	4.3.9	Restituzione	156
<b>Capitolo</b>	<b>5</b>	<b>Analisi della fase di urto: forze e risposta strutturale del veicolo</b>	<b>165</b>
	5.1	Urti contro barriera	166
	5.1.1	Coefficiente di restituzione	168
	5.1.2	Curve forza-deformazione	169
	5.1.3	Approssimazione delle curve forza-deformazione: modello di Campbell	171
	5.1.4	Modello di McHenry	175
	5.1.5	Modello di Macmillan	182
	5.1.6	Distribuzione dell'energia dissipata nella zona deformata	185
	5.2	Stima dell'energia di deformazione	186
	5.2.1	Valutazione dell'energia dissipata dalla misura delle deformazioni: approccio classico	187

5.2.2	Fattori di correzione per l'energia di deformazione	191
5.2.3	Determinazione dei coefficienti di rigidità A e B	193
5.2.4	Valutazione dell'energia dissipata dalla misura delle deformazioni: approccio PDOD	197
5.2.5	EES – Energy Equivalent Speed	207
5.2.6	Valutazione dell'energia dissipata dalla misura delle deformazioni: metodo del Triangolo	214
5.3	Urti tra due veicoli	227
5.3.1	Dall'energia di deformazione al $\Delta V$	227
5.3.2	Coefficiente di restituzione nell'urto tra due veicoli	240
5.3.3	Durata dell'impatto	242
5.3.4	Integrazione diretta delle curve F(s)	244
5.3.5	Approccio di Macmillan	248
<b>Capitolo 6</b>	<b>Ricostruzione degli incidenti stradali</b>	<b>253</b>
6.1	Approccio per la ricostruzione degli incidenti	253
6.2	Applicazione del PDOF	256
6.2.1	Determinazione della posizione relativa dei veicoli al momento dell'urto	256
6.2.2	Determinazione del punto d'urto sulla carreggiata	262
<b>Capitolo 7</b>	<b>Urto con mezzi a due ruote</b>	<b>273</b>
7.1	Accelerazione e decelerazione dei mezzi a due ruote	275
7.1.1	Prestazioni in frenata dei motocicli	275
7.1.2	Prestazioni in accelerazione dei motocicli e ciclomotori	277
7.1.3	Decelerazione durante la fase di strisciata a terra	278
7.2	Tecniche per la ricostruzione degli incidenti con veicoli a due ruote	281
7.2.1	Conservazione della quantità di moto	281
7.2.2	Velocità della moto dalle tracce di frenata a terra	282
7.2.3	Velocità critica in curva	283
7.2.4	Tempo necessario al veicolo per cadere a terra lateralmente	285
7.2.5	Velocità di impatto contro un ostacolo fisso	286
7.2.6	Velocità di un veicolo che urta un mezzo a due ruote	287
7.2.7	Correlazione tra deformazioni dei veicoli e velocità di impatto	287
7.2.8	Correlazioni empiriche tra velocità di impatto e deformazioni	290
<b>Capitolo 8</b>	<b>Incidenti con pedone</b>	<b>297</b>
8.1	Cause dei sinistri	297
8.2	Tipi di veicoli	299

8.3	Fenomenologia dell'urto	300
8.3.1	Moto pre-urto del pedone	302
8.3.2	Traiettorie libere	302
8.3.3	Traiettorie non libere	314
8.4	Danni sul veicolo	315
8.4.1	Danni dovuti all'urto primario	315
8.4.2	Danni dovuti all'urto secondario	316
8.4.3	WAD (Wrap Around Distance)	317
8.4.4	Correlazioni tra danno e velocità di impatto	317
8.5	Lesioni del pedone	318
8.5.1	Danni dovuti all'urto primario	320
8.5.2	Danni dovuti all'urto secondario, all'impatto a terra e al successivo moto	320
8.5.3	Parametri descrittivi	321
8.5.4	Correlazioni tra danno e velocità di impatto	324
8.6	Meccanica dell'urto veicolo-pedone	325
8.6.1	Urto primario	325
8.6.2	Efficienza di proiezione	326
8.6.3	Urto secondario	328
8.6.4	Moto in aria	329
8.6.5	Moto a terra	330
8.7	Modelli per la ricostruzione degli urti veicolo-pedone	331
8.7.1	Modelli basati sul moto del veicolo	332
8.7.2	Modelli teorici basati sul moto del pedone	336
8.7.3	Modelli semi-empirici basati sul moto del pedone	338
8.7.4	Correlazioni sperimentali basate sul moto del pedone	339
<b>Capitolo 9</b>	<b>Incertezze nella ricostruzione degli incidenti stradali</b>	<b>343</b>
9.1	Incertezze dei dati e loro propagazione	343
9.1.1	Stima del massimo e minimo valore	343
9.1.2	Formula di propagazione degli errori di Gauss	345
9.1.3	Metodo MonteCarlo	346
9.2	Sensibilità all'errore	347
9.2.1	Analisi matriciale	348
9.2.2	Ridondanza dei dati	355
	<b>Bibliografia ragionata</b>	<b>359</b>
	<b>Indice dei concetti</b>	<b>361</b>