

**SISTEMI DI TRATTENIMENTO PER
CARRELLISTI**

Indice

1	Introduzione e finalità del progetto	1
2	Statistica sinistri	3
3	Ricerca bibliografica	7
3.1	Pubblicazioni	7
3.2	Brevetti	10
3.3	Relazioni sugli studi condotti da costruttori di carrelli elevatori	15
4	Calcolo per il rovesciamento del carrello elevatore	20
4.1	Calcolo con modelli meccanici piani	20
4.1.1	Introduzione ed ipotesi fondamentali	20
4.1.2	Rovesciamento statico del carrello elevatore	21
4.1.3	Rovesciamento dinamico del carrello elevatore	26
4.1.4	Forze che agiscono sul sedile durante il rovesciamento dinamico	30
4.1.5	L'influsso dell'altezza del baricentro, del momento d'inerzia e dell'accelerazione trasversale sul processo di ribaltamento	32
4.1.6	Movimento relativo tra veicolo ed operatore	34
4.1.7	Salto dell'operatore	37
4.2	Calcoli con il programma di simulazione a più corpi ADAMS	40
4.2.1	Programma di simulazione e creazione di modelli	40
4.2.2	Il rovesciamento del carrello elevatore nella simulazione	42
4.2.3	L'influsso della geometria del veicolo	43
4.2.4	Forze che agiscono sul sistema di trattenimento	47
4.2.5	Movimento relativo di veicolo ed operatore	50
4.2.6	Valutazione critica dei risultati della simulazione	53
5	Comportamento del movimento dell'operatore del carrello elevatore	55
5.1	Salita e discesa	55
5.2	Analisi del movimento in retromarcia	57
5.3	Prove di marcia fino ad un angolo di rovesciamento di 10°	60
6	Strutturazione ed istante di attivazione dei sistemi di protezione	67
7	Concezioni e prototipi di sistemi di trattenimento operatore	76
7.1	Sistemi integrati al sedile	76
7.1.1	Sistemi a staffe avvolgenti	76
7.1.2	Sistemi di trattenimento a staffa laterale	84
7.1.3	Sistemi con cintura avvolgente	87

7.2	Sistemi integrati all'operatore	91
7.3	Sistemi integrati al veicolo	92
	7.3.1 Sistemi di trattenimento con staffa avvolgente	92
	7.3.2 Sistemi di staffe e porte laterali	94
	7.3.3 Sistema con airbag	97
7.4	Discussione e valutazione dei sistemi di trattenimento dell'operatore	99
8	Valutazioni sperimentali dei sistemi di trattenimento fino ad un angolo di rovesciamento di 15°	112
8.1	Descrizione della prova	112
8.2	Apparecchiature di misura	118
9	Banco prova per esperimenti di rovesciamento statici e dinamici	122
9.1	Concezione e struttura del banco di prova	123
9.2	Valutazione cinematica del banco prova	130
9.3	Prove di rovesciamento statiche e dinamiche per determinare le accelerazioni durante il rovesciamento	133
	9.3.1 Struttura della prova	133
	9.3.2 Rovesciamento statico fino a 90°	134
	9.3.3 Rovesciamento dinamico fino a 90°	138
9.4	Prove statiche e dinamiche con persone campione	142
	9.4.1 Prove di rovesciamento statiche con persone campione	142
	9.4.2 Prove di rovesciamento dinamiche con persone campione	143
10	Prove di rovesciamento dinamiche con persone campione	145
11	Bibliografia	147

Appendice

Elenco delle riprese video relativamente ai punti 5, 8 e 9