

Marek GZIK, Leszek ROSA, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska w Gliwicach

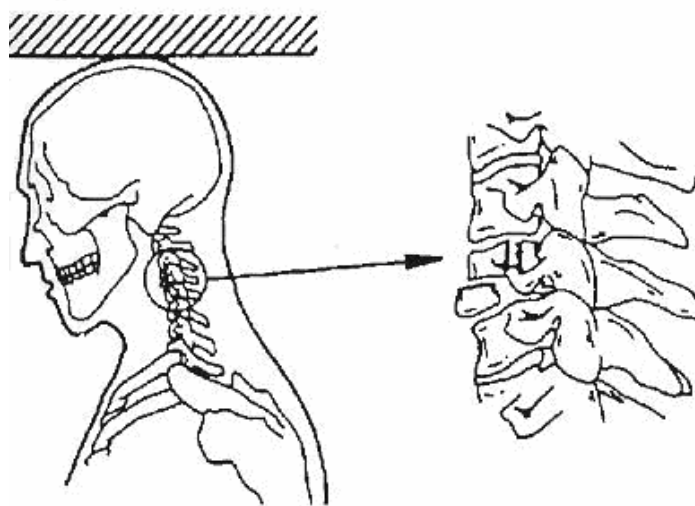
KONCEPCJA KOŁNIERZA OCHRONNEGO DLA MOTOCYKLISTÓW

Streszczenie: W artykule przedstawiono badania, których celem było zaprojektowanie kołnierza, skutecznie chroniącego motocyklistów podczas wypadków przed urazem odcinka szyjnego kręgosłupa. Dla potwierdzenia walorów konstrukcji zaproponowanego kołnierza oraz w celu analizy mechanizmu kompresyjnego przeprowadzono badania modelowe. Do analizy zachowania ciała człowieka w sytuacji odpowiadającej wypadkowi motocyklowemu został sformułowany z wykorzystaniem programu Working Model 2D dynamiczny model motocyklisty.

1. WSTĘP

Rozwój mechanizacji przemysłu, dynamiczny rozwój motoryzacji doprowadzają do zwiększenia liczby urazów, w tym urazów kręgosłupa i rdzenia kręgowego na odcinku szyjnym. Wypadki mogą spowodować obrażenia w szerokim zakresie aż po ciężkie obrażenia powodujące utratę czucia oraz paraliż całego ciała, a często śmierć. Najcięższe przypadki uszkodzenia kręgosłupa spowodowane są penetracją w głąb rdzenia kręgowego odłamów kostnych.

W przypadku motocykli bezpieczeństwo jest znacznie mniejsze niż w samochodach. Obowiązek używania kasków ochronnych przez motocyklistów wpłynął w znaczący sposób na obniżenie ilości i stopnia wielkości obrażeń głowy, zarówno u kierującego jak i u pasażera [5]. Po podniesieniu jakości kasków i odzieży ochronnej, w chwili obecnej najbardziej zagrożone urazami części ciała motocyklisty to jego głowa i kręgosłup, a w szczególności odcinek szyjny kręgosłupa.



Rys. 1. Schemat urazu odcinka szyjnego kręgosłupa pod wpływem działania mechanizmu kompresyjnego[3]

Istnieją różne sposoby podziału uszkodzeń kręgosłupa. Podział ze względu na mechanizm powstawania urazu zawiera:

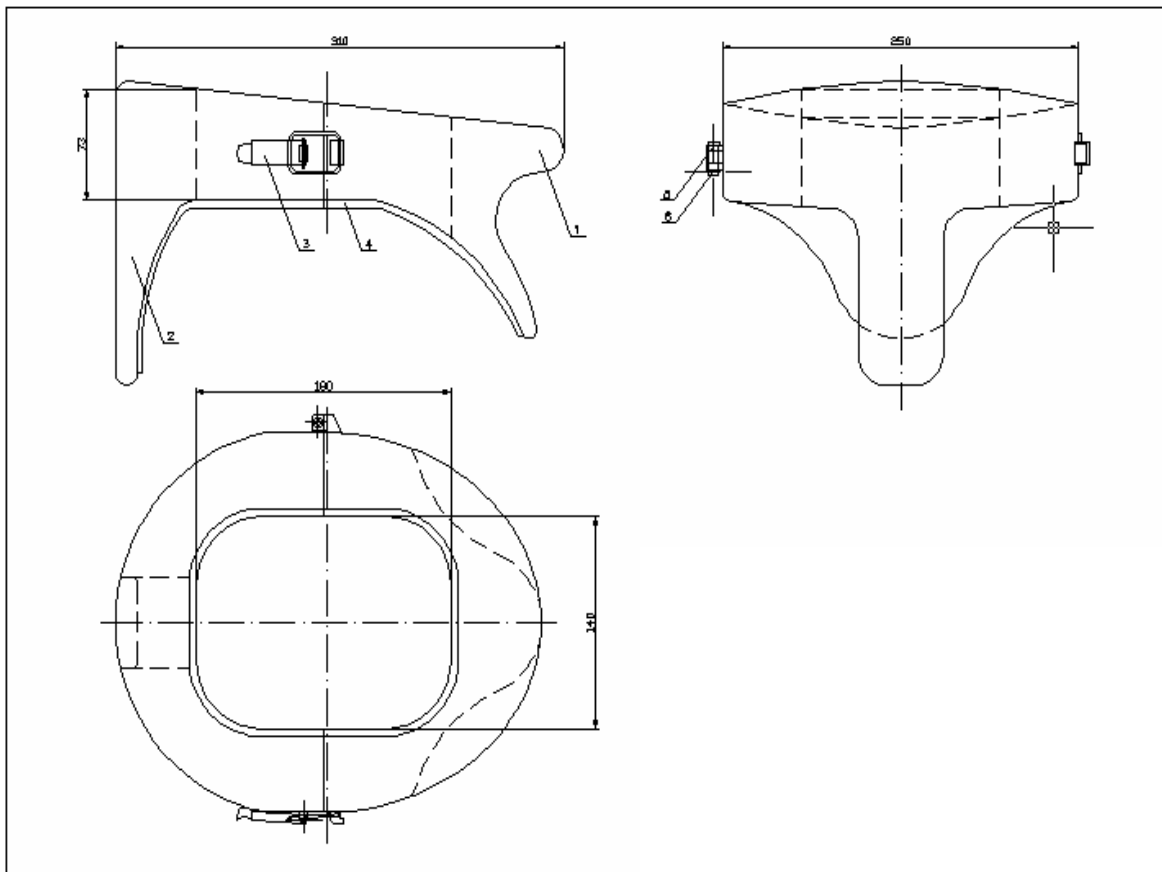
- uszkodzenia zgięciowe – mechanizm zgięciowy (fleksyjny),
- uszkodzenia wyprostne – mechanizm wyprostny (ekstensyjny),
- uszkodzenia zgnieceniuowe – mechanizm kompresyjny.

Mechanizm kompresyjny powstaje w wyniku działania nacisku na głowę i powoduje zgniecenie kręgów. Aparat więzadłowy często jest nienaruszony przy tym urazie. Występuje w przypadkach skoków samobójczych, skoków do wody oraz w wypadkach motocyklowych.

W pracy podjęto próbę ograniczenia urazów odcinka szyjnego kręgosłupa w wypadkach motocyklowych, niezależnie do typu używanego motocykla i miejsca zaistnienia wypadku (ruch drogowy, sport itd.).

2. KONCEPCJA KOŁNIERZA OCHRONNEGO

Zaproponowany kołnierz ochronny ma za zadanie ograniczyć nadmierne zgięcie i wyprost głowy w kasku, jednocześnie ma umożliwić swobodny obrót głowy w płaszczyźnie poziomej (ruch obrotowy w prawo i w lewo). Siła uderzenia przyłożona w małym punkcie w miejscu styku kasku z przeszkodą jest przenoszona poprzez kołnierz na dużą powierzchnię styku z ramionami. Model kołnierza pokazano na rysunku 2.



Rys.2. Konceptyjna kołnierza ochronnego

3. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE W PROCESIE MODELOWANIA

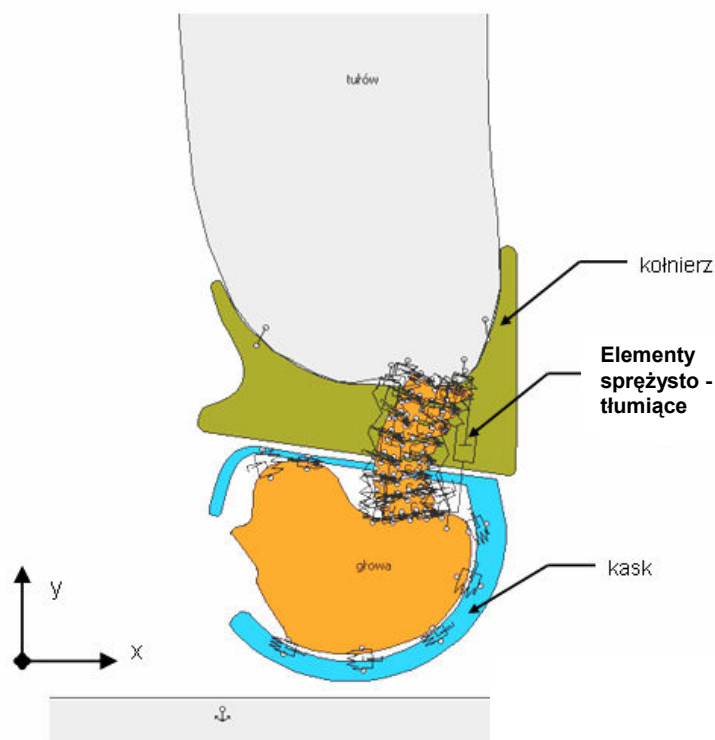
W celu wykonania analizy numerycznej oddziaływań pomiędzy kręgami, powstał dwuwymiarowy model upadającego 75 kilogramowego człowieka. Model sformułowano w oparciu o następujących założenia [1, 3]:

- głowa, kręgi, tułów, oraz kończyny dolne są traktowane jako bryły sztywne, połączone przegubowo oraz elementami sprężysto - tłumiącymi (równoległe połączenie liniowej

- sprężyny oraz liniowego elementu tłumiącego), odzwierciedlającymi naturalne połączenia.
- model uwzględnia sąsiadujące tkanki miękkie oraz naturalne krzywiznę kręgosłupa (lordozę),
 - oddziaływanie tkanek miękkich odwzorowane jest przez elementów sprężysto - tłumiące,
 - kask traktowany jako bryła sztywna, połączony jest z głową elementami sprężysto - tłumiącymi,
 - na model działa siła grawitacji,
 - analizie poddano ruch motocyklisty w płaszczyźnie strzałkowej.
- Przyjęte masy elementów modelu oraz momenty bezwładności zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry poszczególnych brył sztywnych [2, 3]

	Masa [kg]	I_z [kgm^2]
Głowa	4,2	0,018
C1	0,013	$2,53 * 10^{-6}$
C2	0,021	$4,63 * 10^{-6}$
C3	0,025	$5,54 * 10^{-6}$
C4	0,027	$6,46 * 10^{-6}$
C5	0,035	$1 * 10^{-5}$
C6	0,041	$1,01 * 10^{-5}$
C7	0,049	$1,41 * 10^{-5}$
Tułów	60	1,55

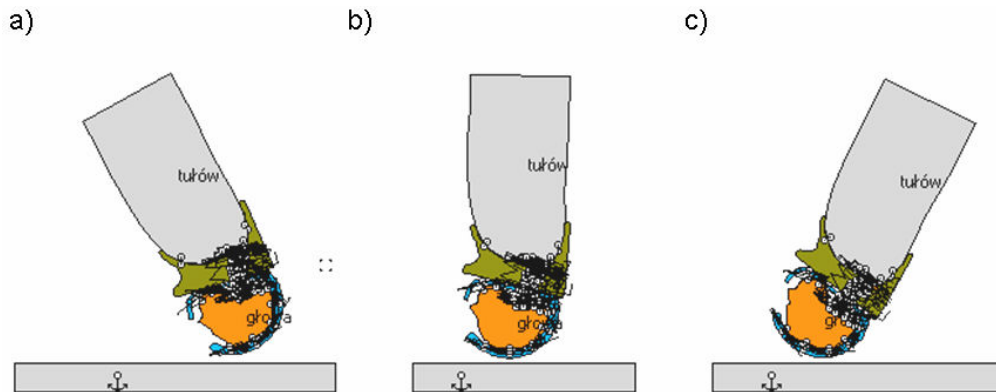


Rys.3. Model sformułowany w program Working Model 2D

4. SYMULACJE NUMERYCZNE

Symulację numeryczną przeprowadzono w dwóch wariantach:

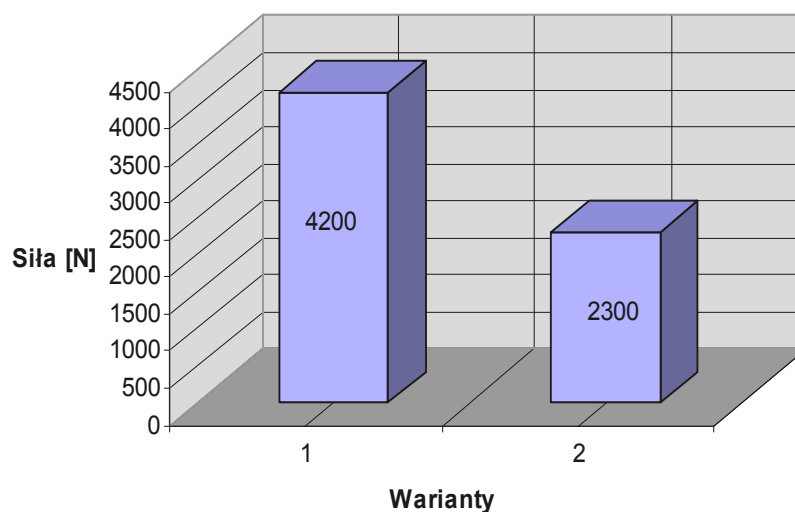
- model motocyklisty bez kasku ochronnego i kołnierza spadający pionowo w dół, pod kątem 30° do powierzchni oraz pod kątem -30° ,
- model motocyklisty z pełnym kaskiem ochronnym i kołnierzem spadający pionowo w dół, pod kątem 30° do powierzchni oraz pod kątem -30° .



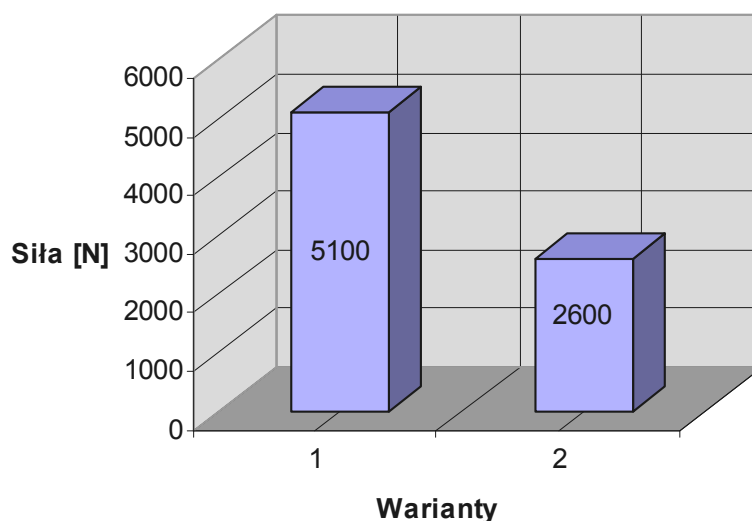
Rys. 4. Model motocyklisty 2D w kasku ochronnym i kołnierzem ochronnym a) podczas upadku pod kątem 30° , b) pionowo w dół, c) pod kątem -30°

Obliczenia przeprowadzono w przedziale czasowym 0–250 msec. Model umożliwia przeprowadzenie symulacji przebiegu sił w elementach odcinka szyjnego kręgosłupa. Prędkość uderzenia wyniosła 5 m/s, jest to znacznie mniej niż podczas typowego wypadku. Przesunięcia kręgów modelu odpowiadają przesunięciom kręgów w eksperymentach prowadzonych na preparatach sekcyjnych [2, 5], co było weryfikacją modelu.

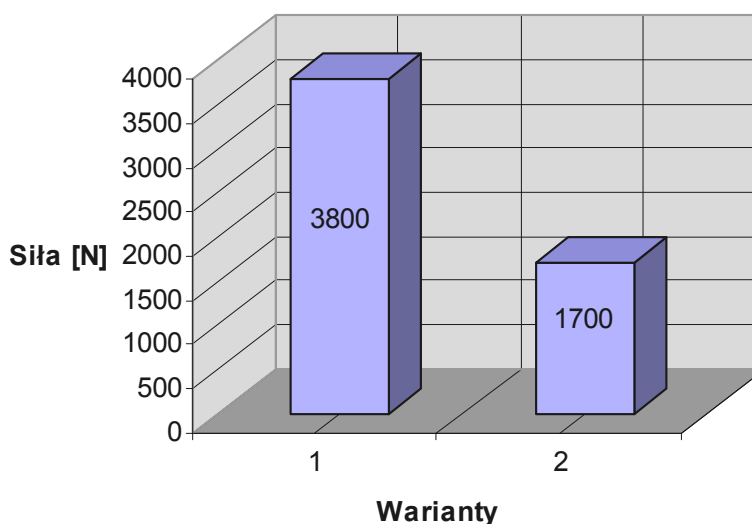
Na poniższych rysunkach przedstawiono przykład maksymalnych sił pomiędzy kręgami C1 – C2 dla dwóch wariantów (I – wariant bez kasku, II – wariant z kaskiem i kołnierzem ochronnym). Uzyskane rezultaty różnic w oddziaływaniach są podobne dla innych par kręgów.



Rys. 5. Maksymalne siły pomiędzy kręgami C1 – C2 przy upadku pionowo w dół



Rys. 6. Maksymalne siły pomiędzy kręgami C1 – C2 przy upadku pod kątem 30°



Rys. 7. Maksymalne siły pomiędzy kręgami C1 – C2 przy upadku pod kątem -30°

5. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono dwuwymiarowy dynamiczny model głowy oraz odcinka szyjnego kręgosłupa człowieka. Model został wykorzystany do analizy zachowania głowy oraz kręgów, jak również do analizy sił dynamicznych w elementach sprężysto – tłumiących reprezentujących tkanki miękkie w sytuacji działającego mechanizmu kompresyjnego na odcinek szyjny kręgosłupa.

Zaproponowano innowacyjne rozwiązanie kołnierza dla motocyklistów chroniącego odcinek szyjny kręgosłupa. Zadaniem kołnierza jest przeniesienie obciążenia podczas upadku na głowę motocyklisty z kasku na obręcz barkową odciążającą odcinek szyjny kręgosłupa

W oparciu o sformułowany model w programie Working Model 2D wykazano, iż dzięki zastosowaniu kołnierza w znacznym stopniu ograniczona została możliwość wystąpienia urazów kręgosłupa szyjnego w wyniku działającego mechanizmu kompresyjnego.

LITERATURA

- [1] Camacho D., Nightingale R. W., Myers B. S., "Surface friction in near-vertex head and neck impact increases risk of injury", *Journal of Biomechanics*, vol 32, 293 – 301, 1999.
- [2] Dietrich M., Zagrajek T., „Problemy modelowania w biomechanice kręgosłupa człowieka”, *Zeszyty Naukowe WSI, Zielona Góra* 1988.
- [3] Gzik M., „Modelowanie i symulacja odcinka szyjnego kręgosłupa człowieka”, *Rozprawadoktorska, Gliwice* 2000.
- [4] Kiwerski J., „Urazy kręgosłupa odcinka szyjnego i ich następstwa”, *Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa* 1993.
- [5] http://mmt.com.pl/st/ekspertyzyoceny_poduszka-powietrzna-w-motocyklu.php

THE CONCEPTION OF PROTECTIVE COLLAR FOR MOTORCYCLISTS

Summary: Modeling researches concerning design process of the new conception of protective collar against neck injuries during road accidents for motorcyclists are presented in this paper. The aim of the researches was confirmation of collar construction advantages. In order to project goal realization two dimensional model of motorcyclist was created using Working Model 2D.