

Spis treści

Przedmowa	7
1. Wprowadzenie	9
2. Elementy nawierzchni kolejowej; obciążenia toru bezстыkowego — układy rzeczywiste i ich modele fizyczne	12
2.1. Konstrukcja oraz elementy nawierzchni kolejowej	12
2.1.1. Szyny	12
2.1.2. Podkłady	12
2.1.3. Przytwierdzenia	13
2.1.4. Podsypka i podtorze	21
2.1.5. Sztywność ramowa toru w płaszczyźnie poziomej	32
2.1.6. Inne parametry nawierzchni i podtorza	33
2.2. Obciążenia	33
2.2.1. Obciążenia użytkowe	33
2.2.2. Obciążenia termiczne	34
2.2.3. Oddziaływanie maszyn torowych — podbijarki i oczyszczarki podsypki	35
2.2.4. Odprężenie toru i pęknięcie szyny jako obciążenia kinematyczne toru bezстыkowego	36
2.2.5. Obciążenia toru bezстыkowego w przypadku występowania mostów i rozjazdów, modele tych konstrukcji oraz inne przypadki obciążenia	37
2.2.6. Parametr obciążenia zależny od czasu eksploatacji — program obciążenia	38
2.3. Podstawowe parametry obliczeniowe nawierzchni przy różnych stanach utrzymania	39
3. Praca toru bezстыkowego w kierunku wzdłużnym (z uwzględnieniem oddziaływań pionowych)	41
3.1. Rozkłady sił i przemieszczeń przy jednorodnym polu termicznym	41
3.1.1. Konwencjonalne ujęcia problemu — idealnie sprężysty i cierny model podłoża szyny	41
3.1.2. Uogólnienie modelu sprężystego i ciernego na model idealnie sprężysto-plastyczny	50
3.1.3. Nieliniowy model oporu podłoża szyn	52
3.1.4. Analiza parametrów odpowiedzi toru poddanego równomiernemu obciążeniu termicznemu przy zastosowaniu rozważanych modeli	55
3.1.5. O podobieństwie odpowiedzi toru na jednorodne pole termiczne przy zastosowaniu modelu podłoża: ciernego, idealnie sprężysto-plastycznego oraz nieliniowego	59
3.1.6. Wpływ niejednorodności oporu wzdłużnego na odpowiedź toru poddanego jednorodnemu polu termicznemu	62
3.1.7. Ogólna analiza wielokrotnych obciążeń toru oraz inne problemy związane z obciążeniem toru prostoliniowego jednorodnym polem termicznym	67
3.1.8. Uwagi podsumowujące rozważania na temat odpowiedzi toru poddanego jednorodnemu polu termicznemu	70
3.2. Praca toru bezстыkowego przy obciążeniu użytkowym oraz w innych przypadkach obciążeń	71
3.2.1. Uwagi wprowadzające	71

3.2.2.	Wyznaczenie sprężystej odpowiedzi toru obciążonego siłami wzdłużnymi (hamowanie/rozpędzanie pociągu) przy założeniu $k_0 = \text{const.}$	72
3.2.3.	Sprężyste rozwiązanie przy założeniu $k_0 \neq \text{const.}$	76
3.2.4.	Wybór modelu określającego wpływ obciążenia pionowego na sztywność wzdłużną ..	78
3.2.5.	Rozwiązanie w zakresie sprężystym przy nieliniowej charakterystyce podłoża ..	78
3.2.6.	Efekt niejednorodnego pola termicznego	81
3.2.7.	Wpływ występowania mostów, rozjazdów oraz innych tzw. punktów stałych na pracę toru w kierunku wzdłużnym	85
3.2.8.	Koncepcja przeciwdziałania powstawaniu trwałych przemieszczeń wzdłużnych toru oraz podstawowe formuły	85
3.2.9.	Uzupełnienia i uogólnienia analizowanych przypadków przy obciążeniach quasi-statycznych	89
3.2.9.1.	Rozwiązanie w przypadku układu sił skupionych	89
3.2.9.2.	Przypadek bezinercyjnego obciążenia ruchomego przy założeniu $k = k_0 = \text{const.}$	90
3.2.9.3.	Wpływ ruchomego obciążenia inercyjnego; o podobieństwie rozwiązania przy quasi-stacjonarnym obciążeniu inercyjnym i obciążeniu quasi-statycznym przy założeniu $k_0 \neq \text{const.}$	92
3.2.9.4.	O podobieństwie rozwiązania przy obciążeniu użytkowym i niejednorodnym polu termicznym oraz przy liniowym i nieliniowym modelu podłoża szynowego	96
3.3.	Uogólniony matematyczny i numeryczny model dwuwymiarowej odpowiedzi toru w kierunku wzdłużnym i pionowym	104
3.3.1.	Uwagi wprowadzające	104
3.3.2.	Model zastępczego oporu pionowego i wzdłużnego toru oraz wyznaczenie przemieszczeń podkładów	104
3.3.3.	Matematyczny i numeryczny model dwuwymiarowej odpowiedzi toru	106
3.3.4.	Uwagi dotyczące możliwości separacji równań różniczkowych w kierunku wzdłużnym oraz w płaszczyźnie pionowej/poziomej	110
3.4.	Analiza czynników mających wpływ na trwałe przemieszczenia wzdłużne szyn	113
3.4.1.	Porównanie wyników uzyskanych z wykorzystaniem programu komputerowego LONGIN z rezultatami otrzymanymi z formuł analitycznych	113
3.4.2.	Weryfikacja doświadczalna modeli teoretycznych	114
3.4.3.	Wpływ typu obciążenia oraz parametrów konstrukcji nawierzchni na stan sił i przemieszczeń toru bezстыkowego	116
3.4.4.	Minimalny opór graniczny podsypki, który zabezpiecza tor przed trwałymi przemieszczeniami; wpływ sztywności przytwierdzeń	122
3.4.5.	Wpływ parametrów nawierzchni, obciążenia, punktów stałych oraz pochylenia podłużnego na stopień odporności toru na trwałe przemieszczenia wzdłużne ..	127
3.4.6.	Podsumowanie analizy czynników wpływających na trwałe przemieszczenia wzdłużne toru bezстыkowego — dopuszczalne pochylenie niwelety toru bezстыkowego	131
3.5.	Współpraca toru bezстыkowego z mostami w kierunku wzdłużnym	134
3.5.1.	Uwagi wprowadzające	134
3.5.2.	Badania doświadczalne toru bezстыkowego i mostu w kierunku wzdłużnym ...	135
3.5.3.	Teoretyczne podstawy współdziałania toru bezстыkowego z mostem	139
3.5.3.1.	Modele obliczeniowe	139
3.5.3.2.	Weryfikacja doświadczalna modeli	141
3.5.4.	Parametry charakteryzujące współdziałanie toru bezстыkowego z mostem w kierunku wzdłużnym	143
3.5.4.1.	Wpływ wydłużenia przesła mostu na dodatkowe siły wzdłużne w szynach	143

3.5.4.2.	Wpływ hamowania pociągu na siły wzdłużne w szynach	145
3.5.4.3.	Wpływ występowania rozjazdów w rejonie łożyska ruchomego mostu, pochylenia podłużnego i łuków poziomych	146
3.5.5.	Uzyskane rezultaty — wskazania praktyczne dotyczące budowy i utrzymania toru bezстыkowego na mostach z korytem balastowym	147
3.5.5.1.	Podstawowy warunek bezpieczeństwa eksploatacji toru bezстыkowego na mostach z korytem balastowym	147
3.5.5.2.	Określenie maksymalnej długości dylatacyjnej mostu, przy której nie trzeba stosować przyrządu wyrównawczego i wskazania dotyczące utrzymania toru	147
4.	Współpraca toru bezстыkowego z rozjazdami spawanymi z uwagi na oddziaływania termiczne	150
4.1.	Uwagi wprowadzające	150
4.2.	Model fizyczny i numeryczny	151
4.3.	Weryfikacja modelu; wpływ układu geometrycznego powiązań torów i parametrów rozjazdu na odpowiedź systemu	153
4.4.	Podsumowanie	160
5.	Analiza zachowania się toru w łukach kołowych; koncepcja bezpieczeństwa eksploatowanego toru bezстыkowego	161
5.1.	Tor bezстыkowy położony na krzywych poziomych — analiza przedwyboczeniowa oraz przykłady pełnej odpowiedzi toru	161
5.1.1.	Uwagi wprowadzające	161
5.1.2.	Sformułowanie problemu w zakresie sprężystym	162
5.1.3.	Rozwiązanie w przypadku jednorodnego oporu sprężystego w płaszczyźnie poziomej	164
5.1.3.1.	Rozwiązanie bez uwzględnienia drugiej pochodnej	164
5.1.3.2.	Rozwiązanie z uwzględnieniem zginania pod wpływem siły wzdłużnej oraz przy uwzględnieniu zastępczego oporu skręcania w przytwierdzeniu	167
5.1.4.	Nierówności geometryczne w przypadku jednorodnego oporu sprężystego podsyypki	168
5.1.5.	Rozwiązanie w przypadku lokalnego obniżenia oporu poprzecznego podsyypki	171
5.1.6.	Porównanie rozwiązań analitycznych z rozwiązaniem numerycznym przy zastosowaniu systemu ALGOR	172
5.1.7.	Przypadek łuku kołowego z krzywymi przejściowymi	174
5.1.8.	Analiza wpływu parametrów toru na jego odpowiedź przy obciążeniu termicznym	175
5.1.9.	Przykłady pełnej odpowiedzi toru w łukach kołowych (z uwzględnieniem analizy przed- i powyboczeniowej)	178
5.1.10.	Uwagi podsumowujące podrozdział 5.1	184
5.2.	Koncepcja bezpieczeństwa eksploatowanego toru bezстыkowego z uwagi na jego stateczność	185
5.2.1.	Uwagi wprowadzające	185
5.2.2.	Stateczność toru bezстыkowego oraz koncepcja bezpieczeństwa jego eksploatacji w ujęciu Kisha oraz prac Komitetu D-202 ERRI	187
5.2.3.	Koncepcja bezpieczeństwa eksploatacji toru bezстыkowego jako rozwinięcie prac Hubera i Basiewiczza	196
5.2.3.1.	Założenia podstawowe	196
5.2.3.2.	Przedwyboczeniowa ścieżka równowagi w przypadku sprężystego oporu poprzecznego podsyypki	197
5.2.3.3.	Niestateczna i wyboczeniowa ścieżka równowagi	198
5.2.3.4.	Przedwyboczeniowa ścieżka równowagi z uwzględnieniem idealnie sprężysto-plastycznego modelu oporu poprzecznego podsyypki	205
5.2.3.5.	Warunek bezpieczeństwa eksploatowanego toru bezстыkowego przy przyroście temperatury ekwiwalentnej szyny powyżej $\Delta T_{\min}$	206

5.2.3.6. Tok postępowania przy określaniu bezpieczeństwa eksploatowanego toru bezстыkowego z uwagi na możliwość jego wybożenia	210
5.2.4. Analiza wpływu parametrów nawierzchni i obciążenia na ścieżkę równowagi toru; bezpieczeństwo eksploatowanego toru bezстыkowego	211
5.2.4.1. Ścieżki równowagi	211
5.2.4.2. Ocena bezpieczeństwa eksploatowanego toru bezстыkowego przy zastępczym przyroście temperatury powyżej $\Delta T_{\min}$	219
5.2.4.3. Minimalne promienie łuków poziomych	221
5.3. Bezpieczeństwo eksploatacji toru bezстыkowego z uwagi na pęknięcie szyny	222
5.3.1. Wyznaczenie parametrów odpowiedzi toru w wyniku pęknięcia szyny; model cierny bez uwzględnienia wpływu odkształceń toku ciągłego	222
5.3.2. Sprężysto-plastyczny model podłoża szynowego wraz z uwzględnieniem przemieszczu szyny ciągłej niepękniętej	223
5.3.3. Wpływ podstawowych parametrów nawierzchni na długość szczeliny powstałej w wyniku pęknięcia szyny oraz bezpieczeństwo eksploatacji z uwagi na pęknięcie szyny	228
6. Inne zagadnienia mechaniczne budowy i utrzymania toru bezстыkowego	231
6.1. Uwagi wprowadzające	231
6.2. Rozrzut temperatury neutralnej w szynach podczas budowy i eksploatacji nawierzchni a praktyczne aspekty oceny aktualnej temperatury neutralnej na podstawie metryki toru bezстыkowego	232
6.3. Problemy wyznaczania sił wzdłużnych w szynach toru bezстыkowego w procesie kontroli jego stanu	235
6.4. Zmiana stanu sił i przemieszczeń wzdłużnych w torze bezстыkowym w wyniku pracy podbijarki/oczyszczarki podsypki	241
6.5. Skuteczność odprężania i regulacji naprężeń w torze bezстыkowym	246
7. Tor bezстыkowy w konstrukcjach specjalnych	248
7.1. Konstrukcja nawierzchni w odmrażalni rudy w Medyce	248
7.1.1. Krótki opis obiektu	248
7.1.2. Wymagania stawiane konstrukcji oraz podstawowe założenia do przeprowadzenia analizy teoretycznej problemu	249
7.1.3. Współpraca toru z betonowymi blokami kanałów odmrażalni	250
7.1.4. Konstrukcja nawierzchni w kanałach odmrażalni	252
7.1.5. Uwagi podsumowujące	254
7.2. Konstrukcja drogi szynowej kolei linowo-terenowej na Gubałówkę	255
7.2.1. Podstawowe parametry kolei oraz założenia techniczne do ulepszenia konstrukcji nawierzchni oraz jej podłoża	255
7.2.2. Wstępne określenie konstrukcji nawierzchni i podtorza	257
7.2.3. Określenie stanu sił i przemieszczeń w elementach nawierzchni i podtorza przy obciążeniu eksploatacyjnym	258
7.2.3.1. Praca nawierzchni i podtorza w płaszczyźnie pionowej pod obciążeniem użytkowym	258
7.2.3.2. Praca toru kolejowego w kierunku wzdłużnym, z uwzględnieniem obciążeń poziomych oraz wpływu obciążeń pionowych na opory wzdłużne	259
7.2.3.3. Obciążenia termiczne i zagrożenie stateczności toru	271
7.2.4. Racjonalizacja położenia geometrycznego toru i rowów odwadniających w płaszczyźnie pionowej i poziomej	272
7.2.5. Inne elementy nowej drogi szynowej	272
Podsumowanie	274
Literatura	276
Streszczenie w j. polskim	280
Streszczenie w j. angielskim	281