

Spis treści

1. WSTĘP	13
2. UKŁADY PRZEKRYĆ O DUŻEJ ROZPIĘTOŚCI	15
2.1. Przykłady przekryć jednokierunkowych	15
2.1.1. Kratownice i układy kratownicowo-ciężnowe	15
2.1.2. Ramy	21
2.1.3. Łuki	25
2.2. Przykłady przekryć z kratownic ułożonych w dwóch kierunkach i strukturalnych siatek przestrzennych	33
2.3. Przykłady przekryć w formie kopuł wzniesionych na rzucie okręgu lub wielokąta	40
2.3.1. Przekrycia w formie kopuł wzniesione na rzucie okręgu lub elipsy	40
2.3.2. Przekrycia powłokami nieobrotowymi wzniesionymi na rzucie nieregularnym	42
2.4. Przykłady przekryć masztowo-linowych i podwieszonych	46
2.4.1. Przekrycia masztowo-linowe	46
2.4.2. Jednowarstwowe układy podwieszone	48
2.4.3. Dwuwarstwowe układy podwieszone	50
2.5. Przykłady przekryć dźwigarami linowymi i pierścieniowo-linowymi	51
2.5.1. Przekrycia linowo-prętowe (<i>tensegrity system</i>) i pierścieniowo-linowe	51
2.5.2. Przekrycie elewacji budynku dźwigarami linowymi/pierścieniowo-linowymi	52
3. MATERIAŁY STOSOWANE NA ELEMENTY NOŚNE PRZEKRYĆ DUŻYCH ROZPIĘTOŚCI I MATERIAŁY STOSOWANE DO ICH POKRYCIA	54
3.1. Materiały stosowane na elementy nośne przekryć dużych rozpiętości	54

3.1.1.	Stal	54
3.1.2.	Beton	57
3.1.3.	Drewno	58
3.1.4.	Aluminium	58
3.1.5.	Stal nierdzewna	58
3.2.	Materiały stosowane jako pokrycia przekryć dużej rozpiętości	59
3.2.1.	Uwagi wstępne	59
3.2.2.	Pokrycia z blachy metalowej	59
3.2.3.	Pokrycia z betonu	60
3.2.4.	Pokrycia z drewna	60
3.2.5.	Pokrycia ze sztywnych tworzyw sztucznych	60
3.2.6.	Pokrycia z tkanin technicznych	60
4.	PRZEKRYCIA TRYBUN STADIONÓW I ICH CHARAKTERYSTYKA GEOMETRYCZNA	64
4.1.	Rodzaje konstrukcji nośnych przekryć trybun stadionów	64
4.1.1.	Układ słupowo-belkowy	65
4.1.2.	Układ wspornikowy	65
4.1.3.	Układ ramowy w kształcie bramki lub łukowy	66
4.1.4.	Układ powłokowy	67
4.1.5.	Układ pierścieniowo-linowy	69
4.1.6.	Układ masztowo-linowy	71
4.1.7.	Układ przestrzenno-ramowy lub rusztowy	71
4.1.8.	Układ z częściowo lub w całości rozsuwanym przekryciem	72
4.2.	Charakterystyka geometryczna przekryć trybun stadionów	74
5.	PRZYKŁADY PRZEKRYĆ TRYBUN STADIONÓW WEDŁUG RODZAJU ZASTOSOWANEGO UKŁADU KONSTRUKCYJNEGO	77
5.1.	Przekrycie typu słupowo-belkowego	77
5.2.	Przekrycia wspornikowe	77
5.2.1.	Stadion Beira Rio w Porto Alegre, Brazylia	77
5.2.2.	Przekrycie basenu do nurkowania Oriental Sport Center w Szanghaju	80
5.2.3.	Stadion w Grenoble	81
5.2.4.	Jinan Olympic Center Stadium, Chiny	82
5.2.5.	Przekrycie Areny Red Bull w Harrison, New Jersey	83
5.2.6.	Przekrycie trybun stadionu Euro 2008 Wörthersee w Klagenfurcie, Austria	85
5.2.7.	Przekrycie trybun stadionu PGE Arena w Gdańsku	86
5.2.8.	Stadion Miejski we Wrocławiu (stadion Śląska Wrocław)	88
5.2.9.	Przekrycie trybun stadionu Manchester United, Trafford, rozbudowa trybuny północnej	90

5.2.10.	Przekrycie trybun Stadionu Olimpijskiego w Tianjin, Chiny	91
5.2.11.	Przekrycie trybun stadionu w Suining, Chiny	91
5.2.12.	Przekrycie trybun stadionu w Yingkou, Chiny	92
5.2.13.	Przekrycie trybun stadionu w Sihong, Chiny	92
5.2.14.	Przekrycie trybun stadionu w Yongin, Korea Płd.	93
5.2.15.	Przekrycie trybun Stadionu Narodowego w Kaohsiung, Tajwan	94
5.2.16.	Stadion Nelson Mandela Bay, Port Elizabeth, RPA	96
5.2.17.	Przekrycie trybun stadionu Shizuoka-Ecopa, 2002 FIFA World Cup	98
5.2.18.	Przekrycie stadionu Karaiskaki, Ateny	99
5.2.19.	Przekrycie stadionu Legii w Warszawie	100
5.2.20.	Stadion w Basrah (Main Stadium, Basrah), Irak	101
5.3.	Przekrycia z głównym elementem w postaci ramy lub łuku	102
5.3.1.	Przekrycie trybun Stadionu Aviva, Lansdowne Road, Dublin	102
5.3.2.	Przekrycie Stadionu Miejskiego (Lecha Poznań) w Poznaniu	104
5.3.3.	Stadion Peter Mokaba w Polokwane, RPA	104
5.3.4.	Stadion Thomond Park w Limerick, Irlandia	106
5.3.5.	Stadion Spartaka, Moskwa	107
5.3.6.	Stadion w Brighton, Anglia	108
5.3.7.	Stadion w Daegu (Blue Arc), Korea Płd.	109
5.3.8.	Stadion Olimpijski w Shenyang, Chiny	110
5.3.9.	Konstrukcja trybuny Caterpillar na stadionie Welford Road (Leicester Tiger) w Leicester, Anglia	110
5.3.10.	Stadion Olimpijski ANZ (dawniej Telstra) w Sydney	111
5.3.11.	Stadion Netanya w Jerozolimie	112
5.3.12.	Stadion w Liverpoolu (FC Anfield Stadium)	113
5.4.	Przekrycia powłokowe	115
5.4.1.	Przekrycie Stadionu Olimpijskiego w Melbourne (Melbourne Olympic Park Stadium, AAMI Park)	115
5.4.2.	Stadion w Manaus, Brazylia (FIFA 2014)	116
5.4.3.	Przekrycie trybun Olimpijskiego Stadionu Narodowego (Bird Nest) w Pekinie	118
5.4.4.	Przekrycie kopułą stadionu w Samarze, Rosja, FIFA2018	119
5.5.	Przekrycia pierścieniowo-linowe	120
5.5.1.	Wprowadzenie	120
5.5.2.	Wpływ obciążeń działających na membranę przekrycia	121

5.5.3.	Stadion w Bukareszcie, Rumunia (Lia Manoliu National Stadium)	124
5.5.4.	Stadion w Busan, Korea Płd. (Busan Asiad Main Stadium)	125
5.5.5.	Stadion Narodowy w Warszawie	126
5.5.6.	Stadion Śląski w Chorzowie	129
5.5.7.	Stadion w Stuttgarcie (Mercedes-Benz Arena, dawniej Gottlieb-Daimler-Stadion)	133
5.5.8.	Stadion w Kapsztadzie, Republika Południowej Afryki (Greenpoint Stadium)	136
5.5.9.	Stadion Olimpijski w Rzymie (Stadio Olimpico di Roma) ...	138
5.5.10.	Stadion w Doha, Katar (Khalifa International Stadium)	139
5.5.11.	Waldstadion we Frankfurcie (Commerzbank Arena)	141
5.5.12.	Stadion Bayer, Leverkusen (BayArena Leverkusen)	142
5.5.13.	Stadion w Durbanie, Republika Południowej Afryki (Moses Mabhida Stadium)	143
5.5.14.	Stadion w Delhi, Indie (Nehru Stadium)	146
5.5.15.	Stadion w Al-Ardiya, Kuwejt	148
5.5.16.	Stadion Olimpijski w Londynie (London Olympic Stadium)	149
5.5.17.	Stadion w Foshan, Chiny (Foshan Stadium)	150
5.5.18.	Stadion w Hamburgu (AOL Arena Hamburg)	152
5.5.19.	Stadion w Incheon, Korea Południowa (Incheon Munhak Stadium)	153
5.5.20.	Stadion w Abuja, Nigeria (Abuja National Stadium)	154
5.5.21.	Stadion w Kuala Lumpur (National Stadium Bukit Jalil)	156
5.5.22.	Stadion w Barcelonie (Camp Nou – FC Barcelona Stadium) ...	157
5.5.23.	Stadion w Wuhu, Chiny (Wuhu Olympic Park Stadium, Provincial)	159
5.5.24.	Stadion Olimpijski w Kijowie	159
5.5.25.	Stadion Maracana, Rio de Janeiro	162
5.5.26.	Stadion Fonte Nova w Salvador da Baia	163
5.5.27.	Stadion Al-Gharafa w mieście Al-Rayyan, Katar	165
5.5.28.	Stadion La Peineta (Atletico Madrid)	165
5.5.29.	Stadion w Krasnodarze, Rosja	166
5.5.30.	Stadion w Yueqing, Chiny	168
5.6.	Przekrycia masztowo-linowe	169
5.6.1.	Stadion klubu Manchester City	169
5.6.2.	Stadion Sporting Braga, Portugalia	171
5.6.3.	Stadion w Zoucheng, Chiny	172
5.6.4.	Stadion Borussii Dortmund (Signal Iduna Park), Dortmund	173

5.6.5.	Przekrycie trybun stadionu Yantai w Shandong, Chiny (Yantai Sports Park Stadium)	174
5.6.6.	Przekrycie stadionu Juventus Turyn	175
5.6.7.	Przekrycie trybun stadionu lekkoatletycznego w Ishin, Yamaguchi, Japonia	178
5.6.8.	Stadion RheinEnergie w Kolonii	179
5.7.	Przekrycie o konstrukcji wspornikowej i cięgnowej trybun stadionu w São Paulo	180
5.8.	Przekrycia rozsuwane	181
5.8.1.	Przekrycie Stadionu Narodowego w Singapurze	181
5.8.2.	Przekrycie stadionu Cowboys w Dallas	183
5.8.3.	Przekrycie stadionu/hali w Indianapolis (Lucas Oil Stadium)	184
5.8.4.	Kopuła w Fukuoka (Fukuoka Dome), Japonia	185
5.8.5.	Ruchome przekrycie stadionu Arizona Cardinals (University of Phoenix Stadium) w Glendale	185
5.8.6.	Przekrycie stadionu Florida Marlins New Ballpark	187
5.8.7.	Przekrycie stadionu Reliant, Houston	189
5.8.8.	Przekrycie stadionu w Astanie, Kazachstan	190
5.8.9.	Przekrycie stadionu (centrum konferencyjno- -wystawienniczego) w Nantong	192
5.8.10.	Przekrycie Swedbank Arena Solna w Sztokholmie	193
5.8.11.	Przekrycie Stadionu Millennium w Cardiff	194
5.8.12.	Przekrycie stadionu w Lille (Le Grand Stade)	196
5.8.13.	Przekrycie kortów tenisowych w Melbourne (Rod Laver Arena)	197
5.8.14.	Wielofunkcyjna hala w Baku, Azerbejdżan (Baku Tennis Academy)	199
5.8.15.	Wielofunkcyjna hala w Wuhan, Chiny (Optics Valley International Tennis Center)	199
6.	ZESTAWIENIE PRZEKRYĆ WIDOWNI STADIONÓW W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU ZASTOSOWANEGO NOŚNEGO UKŁADU KONSTRUKCYJNEGO	201
7.	PRZEKRYCIA HAL WIDOWISKOWO-SPORTOWYCH	206
7.1.	Aspekty ekonomiczne i eksploatacyjne w projektowaniu architektoniczno-konstrukcyjnym hal sportowo-widowiskowych	206
7.2.	Przegląd przekryć hal widowiskowo-sportowych	207
7.2.1.	Ruchome przekrycie hali Qizhong Forest Sports City Tennis Center, Szanghaj	207
7.2.2.	Hala Geumjeong Gymnasium do gry w koszykówkę	209

7.2.3.	Wielofunkcyjna hala Sprint Center w Kansas City (Missouri)	210
7.2.4.	Hala Qwest Center Omaha w Omaha, Nebraska	212
7.2.5.	Arena United Center, Chicago	212
7.2.6.	Arena Uniwersytetu Clemson (Little John Coliseum)	213
7.2.7.	Pływalnia Olimpijska w Londynie (Aquatics Centre)	215
7.2.8.	Olimpijski tor kolarski w Londynie	216
7.2.9.	Hala sportowo-widowiskowa w Łodzi	219
7.2.10.	Przekrycie hali w Lublanie, Słowenia (Sport Park Stožice) ...	220
7.2.11.	Wielofunkcyjna hala sportowo-widowiskowa (Arena Zagreb) w Zagrzebiu	222
7.2.12.	Hala sportowa (Boris Trajkovski Sports Center) w Skopje ...	223
7.2.13.	Hala sportowa Rajkot, Indie	224
7.2.14.	Arena O ₂ World w Berlinie	225
7.2.15.	Hala w Guangzhou (Guangzhou New Gymnasium)	226
7.2.16.	Olimpijska hala sportowa na Uniwersytecie w Pekinie	228
7.2.17.	Hala sportowa w Changchun	229
7.2.18.	Miejskie hale sportowe w Sakata, Japonia	231
7.2.19.	Arena sportowa w Shizouka (Ecopa Arena)	231
7.2.20.	Arena Centrum Naukowego Zdrowia i Sportu na Uniwersytecie Ryutsu Keizai w Ryugasaki, Japonia	232
7.2.21.	Hala sportowa w Quanzhou	234
7.2.22.	Hala sportowa wielofunkcyjna, Foshan Lignan Pearl Gymnasium, Foshan	235
7.2.23.	Hala wielofunkcyjna Aspire Dome w Doha, Katar	236
7.2.24.	Tor kolarski/stadion w Gwangmyeong k. Seulu, Korea Południowa	237
7.2.25.	Dwufunkcyjna arena w Saitama, Japonia	238
7.2.26.	Arena łyżwiarska Trout Lake, Vancouver, BC	240

8.	PRZEKRYCIA HAL WYSTAWOWYCH, SAL ZGROMADZEŃ I OBIEKTÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ	243
8.1.	Przekrycie budynku kościoła katolickiego Przemienienia Pańskiego w Lekki, Lagos, Nigeria	243
8.2.	Hala zjazdowa w Songdo, Korea Płd. (Convention Centre in New Songdo City)	244
8.3.	Centrum filmowe w Busan, Korea Płd. (Busan Cinema Center)	246
8.4.	Przekrycie ION Orchard w Singapurze (ION Orchard Singapore) ...	247
8.5.	Biblioteka w Berlinie (Free University, Berlin)	248
8.6.	Muzeum w Glasgow (Riverside Museum of Transport, Glasgow)	248

9. PRZEKRYCIA TERMINALI LOTNICZYCH	250
9.1. Terminal lotniczy Londyn-Stansted (London Stansted Airport)	250
9.2. Terminal lotniczy w Bratysławie (M.R. Štefánik Airport, Bratislava)	251
9.3. Terminal lotniczy w Indianapolis (Indianapolis International Airport, Col. H. Weir Cook Terminal)	253
9.4. Port lotniczy w Tokoname, Japonia (Central Japan International Airport, Tokoname City, Aichi, Japan)	255
9.5. Port lotniczy Savarnabhumi, Bangkok (Savarnabhumi Terminal Airport Bangkok)	256
9.6. Nowy terminal lotniczy im. M. Kopernika we Wrocławiu	258
9.7. Port lotniczy w Orlando na Florydzie (Orlando International Airport)	259
9.8. Terminal lotniczy w Stuttgarcie (Airport Terminal Stuttgart)	260
9.9. Port Lotniczy Haj, Jeddah, Arabia Saudyjska	260
9.10. Terminal lotniczy 2 w Hamburgu (Airport Terminal Hamburg)	261
9.11. Terminal lotniczy 2 w Pudong-Shanghai (Pudong-Shanghai International Airport Terminal 2)	262
9.12. Terminal lotniczy w San Francisco (San Francisco International Airport)	264
9.13. Terminal lotniczy w Dubaju, ZEA (Dubai International Airport Terminal, United Arab Emirates)	265
9.14. Terminal lotniczy w Stambule (Istanbul Sabiha Gökçen Airport, Turkey)	266
9.15. Hala przylotowa na lotnisku Szeremietewo	268
10. PRZEKRYCIA HANGARÓW LOTNICZYCH	270
10.1. Wstęp	270
10.2. Przykłady przekryć hangarów	270
10.2.1. Hangar w Pekinie na samoloty A380	270
10.2.2. Hangar na aerobusy A380 w Farwaniya (Kuwejt)	271
10.2.3. Hangar lotniczy serwisowy w Doha (Doha International Airport, Qatar)	273
10.2.4. Hangar w Kuala Lumpur, Malezja – montaż hangaru	273
10.2.5. Hangar w Kuala Lumpur, Malezja	275
10.2.6. Hangar w Düsseldorfie	276
10.2.7. Serwisowy hangar lotniczy na samoloty Boeing 747-400 w Mumbaju, Indie	277

10.2.8.	Hangar serwisowy samolotów Ryanair w Porcie Lotniczym Londyn-Stansted	278
10.2.9.	Hangar serwisowy linii lotniczych Asiana w Incheon, Korea Płd.	280
10.2.10.	Hangar serwisowy samolotów A340 i B737 w Haikou, Chiny (Hangar Hainan Airport, Haikou)	281
11.	PRZEKRYCIA DWORCÓW KOLEJOWYCH I STACJI METRA	282
11.1.	Stacja kolejowa w Navi Mumbai, Indie (Turbhe Railway Station, Navi Mumbai, India)	282
11.2.	Stacja Szanghaj Płd. (Shanghai South Railway Station, China)	283
11.3.	Stacja kolejowa Londyn Waterloo (Waterloo International Rail Terminal, London)	284
11.4.	Przekrycie stacji kolejowej Berlin Centralny (Berlin Hauptbahnhof Lehrter Bahnhof)	285
11.5.	Stacja w Wuhan (Wuhan Railway Station)	286
11.6.	Dworzec kolejowy Łódź Fabryczna	286
12.	PRZEKRYCIA INNYCH OBIEKTÓW	289
12.1.	Nowa bezpieczna obudowa (<i>New Safe Confinement</i>) elektrowni jądrowej w Czarnobylu	289
12.2.	Kopuła sferyczna i przekrycie cylindryczne w zakładach przemysłowych w Chinach	291
12.3.	Hala linii lotniczych w Dallas	292
13.	METODY WZNOSZENIA PRZEKRYĆ DUŻEJ ROZPIĘTOŚCI	293
13.1.	Metoda rusztowaniowa z montażem za pomocą żurawia samojezdnego	293
13.2.	Metoda nasuwania	293
13.3.	Metoda blokowa/podnoszenia	294
13.4.	Metoda montażu za pomocą systemu Pantadome	297
13.5.	Metoda montażu łuków z wykorzystaniem technologii naprężania	298
13.6.	Metoda montażu za pomocą dźwigów	299
13.6.1.	Stadion Olimpijski w Baku	300
13.6.2.	Stadion w Daegu, Korea Płd.	302
14.	ZALECENIA DLA PROJEKTANTÓW PRZEKRYĆ DUŻEJ ROZPIĘTOŚCI	304
15.	UWAGI KOŃCOWE	306
	LITERATURA I NORMY	307