

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 鋼構造接合部設計指針に準拠した場合

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

- ・ 試算条件

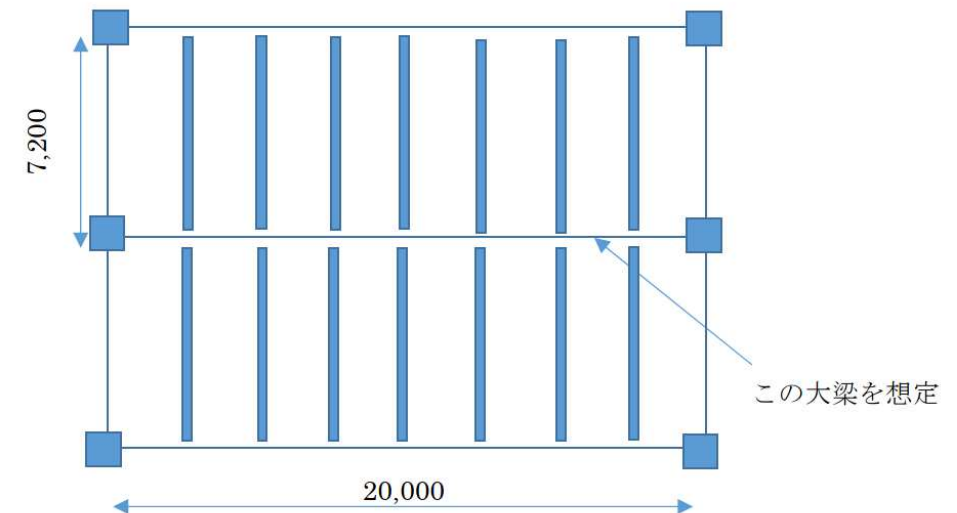
長期せん断力算定用平面 7.2m×20.0mグリッド  
(オフィスを想定)

梁断面 : H-900×300×16×36

鋼材強度 : 490N級、550N級

ボルト径 : M22 (すべり係数  $\mu=0.45$ )  
(ボルト強度 : S10T~S20T)

ボルト間隔60mm、端部はしあき40mm



- ・ すべり耐力はボルト強度が高いもの（550N級）についても設計張力とすべり係数の積として今回試算した。

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 仮定荷重

DL : 3,850 N/m<sup>2</sup>  
(合成デッキ想定)  
LL : 1,800 N/m<sup>2</sup>  
TL : 5,650 N/m<sup>2</sup>

固定荷重							積載荷重との組合せ				
材料	比重	厚み	重量	重量	合計	SS	荷重	積載荷重			
	$\gamma$	t	wi	wi	W	No.		床	小梁	架構	地震
	kN/m <sup>3</sup>	mm	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	-		N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>
OAフロア			500	500		LL No. 2					
デッキ			200	200							
天井・設備等			300	300	1000						
							DL	3850	3850	3850	3850
							LL	2900	2900	1800	800
RCスラブ	24	117.5		2820	3850	1030	TL	6750	6750	5650	4650

## 長期設計せん断力

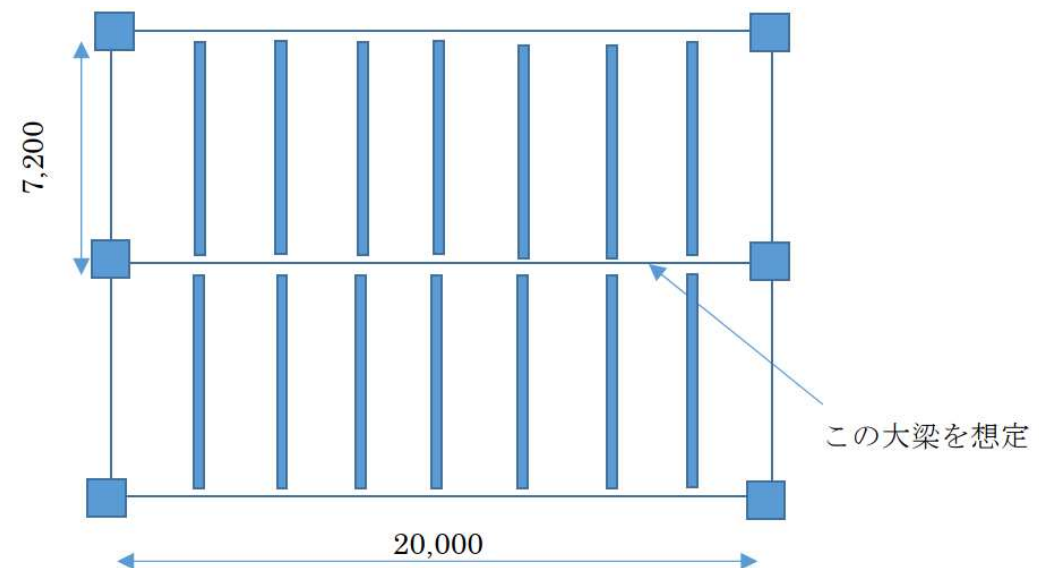
$Q_L = 390\text{kN}$   
(右図のようなスパンを想定)

## 準拠する指針

鋼構造接合部設計指針2021年版

3章 継手

3.1節 高力ボルト摩擦接合によるH形断面梁継手の設計



# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

梁継手の降伏曲げ耐力

$${}_jM_y = \textcircled{{}_jM_{fy}} + \textcircled{{}_jM_{wy}} \geq M_j$$

$$\textcircled{{}_jM_{fy}} \geq \left(1 - \varphi \frac{I_w}{I_0}\right) M_j$$

$$\textcircled{{}_jM_{wy}} \geq \varphi \frac{I_w}{I_0} M_j$$

$\textcircled{{}_jM_{fy}}$ : フランジ接合部の降伏曲げ耐力

$\textcircled{{}_jM_{wy}}$ : ウェブ接合部の降伏曲げ耐力

$\varphi$ : ウェブの伝達効率 (ウェブ添板に作用している曲げモーメントとウェブに作用している曲げモーメントの比). フランジ継手, ウェブ継手の両方が高力ボルト摩擦接合の継手では  $\varphi=0.4$

$I_w$ : 梁ウェブの断面二次モーメント

$I_0$ : 梁全断面の断面二次モーメント

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## フランジ接合部の降伏曲げ耐力

$${}_jM_{fy} = \min\{{}_jM_{fy1}, {}_jM_{fy2}, {}_jM_{fy3}\}$$

$${}_jM_{fy1} = n_f \cdot q_{by} \cdot d_b$$

$${}_jM_{fy2} = (A_{sn} \cdot F_{sy} + n_r \cdot q_{by} / 3) \cdot d_b$$

$${}_jM_{fy3} = A_{sg} \cdot F_{sy} \cdot d_b$$

$n_f$  : フランジボルト本数

$q_{by}$  : 高力ボルト 1 本当たりのすべり耐力

$n_r$  : 想定破断線上のボルト本数

$d_b$  : 上下フランジの板厚中心間距離

$A_{sn}$  : ボルト孔欠損を差し引いたフランジ添板の正味断面積

$A_{sg}$  : フランジ添板の全断面積

$F_{sy}$  : 添板の降伏強さ

## ウェブ接合部の降伏曲げ耐力

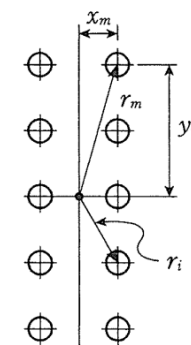
$${}_jM_{wy} = \min\{{}_uM_{wy1}, {}_jM_{wy2}\}$$

$${}_jM_{wy1} = \frac{\sum r_i^2}{r_m} \left\{ \sqrt{q_{by}^2 - \left( \frac{Q_j \cdot y_m}{n_w \cdot r_m} \right)^2} - \frac{Q_j \cdot x_m}{n_w \cdot r_m} \right\}$$

$${}_jM_{wy2} = Z_{sn} \cdot F_y$$

$r_i$  : ウェブボルト群の重心位置からボルトまでの距離

$Z_{sn}$  : ウェブ添板正味断面の断面係数



# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 梁継手の最大耐力

$${}_jM_u \geq M_j$$

$$M_j = \alpha \cdot {}_bM_p$$

${}_bM_p$  : 梁の全塑性モーメント ( $= Z_p \cdot F_y$ )

$Z_p$  : 梁全断面の塑性断面係数

$\alpha$  : 継手の接合部係数

## 接合部係数 $\alpha$ (2022年7月12日Gr.3資料)

鋼材種別	基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	接合部係数				降伏比 統計値/ 規格値
		母材・添板の破断		高力ボルトの破断		
		梁継手	梁端部	梁継手	梁端部	
400N/mm <sup>2</sup> 級	235	1.15	1.30	1.20	1.35	1.19
490N/mm <sup>2</sup> 級	325	1.10	1.25	1.15	1.30	1.11
520N/mm <sup>2</sup> 級	355	1.10	—	1.15	—	—
550N/mm <sup>2</sup> 級	385	1.10	1.20	1.15	—	1.1~1.2
590N/mm <sup>2</sup> 級	440	1.10	1.15	1.15	—	1.0~1.1
780N/mm <sup>2</sup> 級	630	1.10	—	1.15	—	1.0~1.1
780N/mm <sup>2</sup> 級	700	1.10	—	1.15	—	1.0~1.1
1000N/mm <sup>2</sup> 級	880	1.10	—	1.15	—	—

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 梁継手の最大曲げ耐力

$${}_jM_u = {}_jM_{fu} + {}_jM_{wu}$$

${}_jM_{fu}$  : フランジ接合部の最大曲げ耐力

${}_jM_{wu}$  : ウェブ接合部の最大曲げ耐力

## フランジ

$${}_jM_{fu} = \min\{{}_jM_{fu1}, {}_jM_{fu2}, {}_jM_{fu3}, {}_jM_{fu4}, {}_jM_{fu5}\}$$

ただし,

$${}_jM_{fu1} = A_{fn} \cdot F_u \cdot d_b$$

$${}_jM_{fu2} = A_{sn} \cdot F_{su} \cdot d_b$$

$${}_jM_{fu3} = n_2 \{(n_1 - 1)p + e_{f1}\} t_f \cdot F_u \cdot d_b$$

$${}_jM_{fu4} = n_2 \{(n_1 - 1)p + e_{s1}\} t_{fs} \cdot F_{su} \cdot d_b$$

$${}_jM_{fu5} = n_f \cdot q_{bu} \cdot d_b$$

${}_jM_{fu1}$  : 梁フランジの正味断面で決まる最大曲げ耐力

${}_jM_{fu2}$  : フランジ添板の正味断面で決まるフランジ継手の最大曲げ耐力

${}_jM_{fu3}$  : 梁フランジのはしめ破断で決まる最大曲げ耐力

${}_jM_{fu4}$  : フランジ添板のはしめ破断で決まる最大曲げ耐力

${}_jM_{fu5}$  : フランジ高力ボルトの破断で決まる最大曲げ耐力

$A_{fn}$  : ボルト孔欠損を差し引いた梁フランジの正味断面積

$A_{sn}$  : ボルト孔欠損を差し引いたフランジ添板の正味断面積

$F_u$  : 梁フランジの引張強さ

$F_{su}$  : 添板の引張強さ

$d_b$  : 上下フランジの板厚中心間距離

$n_1$  : フランジ継手のボルト列数

$n_2$  : フランジ継手のボルト行数

$n_f$  : 片側フランジ継手のボルト本数

$e_{f1}$  : 梁フランジのはしあき

$e_{s1}$  : フランジ添板のはしあき

$t_f$  : 梁フランジの板厚

$t_{fs}$  : フランジ添板の板厚 (2枚の場合はその和)

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 梁継手の最大曲げ耐力

$${}_jM_u = {}_jM_{fu} + {}_jM_{wu}$$

${}_jM_{fu}$  : フランジ接合部の最大曲げ耐力

${}_jM_{wu}$  : ウェブ接合部の最大曲げ耐力

## ウェブ

$${}_jM_{wu} = \min\{{}_jM_{wu1}, {}_jM_{wu2}, {}_jM_{wu3}, {}_jM_{wu4}, {}_jM_{wu5}\}$$

ただし,

$${}_jM_{wu1} = Z_{wp} \cdot F_u$$

$${}_jM_{wu2} = Z_{sn} \cdot F_{su}$$

$${}_jM_{wu3} = \frac{\sum r_i^2}{r_m} e_{w1} \cdot t_w \cdot F_u$$

$${}_jM_{wu4} = \frac{\sum r_i^2}{r_m} e_{s1} \cdot t_{ws} \cdot F_{su}$$

$${}_jM_{wu5} = \frac{\sum r_i^2}{r_m} \left\{ \sqrt{q_{bu}^2 - \left( \frac{Q_j \cdot y_m}{n_w \cdot r_m} \right)^2} - \frac{Q_j \cdot x_m}{n_w \cdot r_m} \right\}$$

記号  ${}_jM_{wu1}$  : 梁ウェブの最大曲げ耐力

${}_jM_{wu2}$  : ウェブ添板の正味断面で決まる最大曲げ耐力

${}_jM_{wu3}$  : ウェブのはしめ破断で決まる最大曲げ耐力

${}_jM_{wu4}$  : ウェブ添板のはしめ破断で決まる最大曲げ耐力

${}_jM_{wu5}$  : ウェブボルトで決まる最大曲げ耐力

$Z_{wp}$  : 梁ウェブの塑性断面係数 (全断面)

$Z_{sn}$  : ボルト孔欠損を差し引いたウェブ添板正味断面の断面係数

$e_{w1}$  : 梁ウェブの応力方向に対する縁端距離

$e_{s1}$  : ウェブ添板の応力方向に対する縁端距離

$t_w$  : 梁ウェブの板厚

$t_{ws}$  : ウェブ添板の板厚 (2枚の場合はその和)

$r_i, r_m$  :  $r_i$  はウェブボルト群の重心位置からボルトまでの距離で,  $r_m$  はその最大値



自動保存 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## ボルト強度によるフランジ継手の比較

ボルト本数はボルト強度に概ね反比例

断面	材質		フランジ 継手	ウェブ 継手	ボルト接合	添板形状											
F:ボルト接合 W:ボルト接合	$\sigma_y$ N/mm2	$\sigma_u$ N/mm2	HTB	HTB	本数	外側			内側（2PLs）			ボルト jMfy1 kNm	端部 jMfy2 kNm	添板 jMfy3 kNm	耐力	耐力検討	
					n1	t1	B1	L1	t2	B2	L2				jMfy	Mjf/	
					本	mm	mm	mm	mm	mm	mm				kNm	jMfy	
BH断面																	

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	S10T-M22	22	28	300	1070	32	110	1070	3516	3330	4336	3330	0.97	◎
9003001636	325	490	S12T-M22	S12T-M22	18	28	300	890	32	110	890	3466	3352	4336	3352	0.97	◎
9003001636	325	490	S14T-M22	S14T-M22	16	28	300	800	32	110	800	3594	3373	4336	3373	0.96	◎
9003001636	325	490	S16T-M22	S16T-M22	14	28	300	710	32	110	710	3594	3395	4336	3395	0.95	◎
9003001636	325	490	S18T-M22	S18T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3466	3416	4336	3416	0.95	◎
9003001636	325	490	S20T-M22	S20T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3851	3438	4336	3438	0.94	◎
9003001636	385	550	S10T-M22	S10T-M22	26	28	300	1250	32	110	1250	4156	3925	5136	3925	0.98	◎
9003001636	385	550	S12T-M22	S12T-M22	22	28	300	1070	32	110	1070	4236	3947	5136	3947	0.97	◎
9003001636	385	550	S14T-M22	S14T-M22	18	28	300	890	32	110	890	4044	3968	5136	3968	0.97	◎
9003001636	385	550	S16T-M22	S16T-M22	16	28	300	800	32	110	800	4108	3990	5136	3990	0.96	◎
9003001636	385	550	S18T-M22	S18T-M22	14	28	300	710	32	110	710	4044	4011	5136	4011	0.96	◎
9003001636	385	550	S20T-M22	S20T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3851	4033	5136	3851	1.00	◎

赤字：490N級鋼材

青字：550N級鋼材

ボルトの材質をS10T～S20Tに設定

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 鋼材強度によるフランジ継手の比較

ボルト本数は、鋼材強度に概ね比例

断面	材質		フランジ 継手	ウェブ 継手	ボルト接合	添板形状											
F:ボルト接合 W:ボルト接合	$\sigma_y$ N/mm2	$\sigma_u$ N/mm2	HTB	HTB	本数	外側			内側（2PLs）			ボルト	端部	添板	耐力	耐力検討	
					n1	t1	B1	L1	t2	B2	L2	jMfy1	jMfy2	jMfy3	jMfy	Mjf/	
					本	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kNm	kNm	kNm	kNm	jMfy	
BH断面																	

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	S10T-M22	22	28	300	1070	32	110	1070	3516	3330	4336	3330	0.97	◎
9003001636	325	490	S12T-M22	S12T-M22	18	28	300	890	32	110	890	3466	3352	4336	3352	0.97	◎
9003001636	325	490	S14T-M22	S14T-M22	16	28	300	800	32	110	800	3594	3373	4336	3373	0.96	◎
9003001636	325	490	S16T-M22	S16T-M22	14	28	300	710	32	110	710	3594	3395	4336	3395	0.95	◎
9003001636	325	490	S18T-M22	S18T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3466	3416	4336	3416	0.95	◎
9003001636	325	490	S20T-M22	S20T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3851	3438	4336	3438	0.94	◎
9003001636	385	550	S10T-M22	S10T-M22	26	28	300	1250	32	110	1250	4156	3925	5136	3925	0.98	◎
9003001636	385	550	S12T-M22	S12T-M22	22	28	300	1070	32	110	1070	4236	3947	5136	3947	0.97	◎
9003001636	385	550	S14T-M22	S14T-M22	18	28	300	890	32	110	890	4044	3968	5136	3968	0.97	◎
9003001636	385	550	S16T-M22	S16T-M22	16	28	300	800	32	110	800	4108	3990	5136	3990	0.96	◎
9003001636	385	550	S18T-M22	S18T-M22	14	28	300	710	32	110	710	4044	4011	5136	4011	0.96	◎
9003001636	385	550	S20T-M22	S20T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3851	4033	5136	3851	1.00	◎

赤字：490N級鋼材

青字：550N級鋼材

ボルトの材質をS10T～S20Tに設定

フランジは概ね想定破断線上の耐力で決まる

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## ボルト強度によるウェブ継手の比較

断面	材質		ウェブ 継手	ウェブボルト接合部諸元									添板形状		
F:ボルト接合 W:ボルト接合	σy N/mm2	σu N/mm2	HTB	ボルト本数			ゲージ 方向			ピッチ方向			厚み t mm	長さ L mm	高さ H mm
				n1 本	n2 本	n3 本	g1 mm	g2 mm	eg mm	p mm	ep mm	クリア mm			
				BH断面											

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S12T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S14T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S16T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S18T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S20T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	385	550	S10T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S12T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S14T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S16T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S18T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S20T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680

ボルト本数はボルト強度を上げてても減らない



# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 鋼材強度によるウェブ継手の比較

断面	材質		ウェブ 継手	ウェブボルト接合部諸元									添板形状		
F:ボルト接合 W:ボルト接合	$\sigma_y$ N/mm2	$\sigma_u$ N/mm2	HTB	ボルト本数			ゲージ 方向			ピッチ方向			厚み t mm	長さ L mm	高さ H mm
				n1 本	n2 本	n3 本	g1 mm	g2 mm	eg mm	p mm	ep mm	クリア mm			
				BH断面											

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S12T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S14T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S16T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S18T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S20T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	385	550	S10T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S12T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S14T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S16T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S18T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S20T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680

赤字：490N級鋼材  
青字：550N級鋼材

ボルト本数は鋼材強度で変わる  
(1列増える)

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 鋼材強度によるフランジ継手の比較

断面		材質		フランジ 継手	ウェブ 継手	ボルト接合	添板形状											
F:ボルト接合 W:ボルト接合		$\sigma_y$ N/mm2	$\sigma_u$ N/mm2	HTB	HTB	本数	外側			内側（2PLs）			ボルト	端部	添板	耐力	耐力検討	
						n1	t1	B1	L1	t2	B2	L2	jMfy1	jMfy2	jMfy3	jMfy	Mjf/	
						本	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kNm	kNm	kNm	kNm	jMfy	
BH断面																		

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	S10T-M22	22	28	300	1070	32	110	1070	3516	3330	4336	3330	0.97	◎
9003001636	325	490	S12T-M22	S12T-M22	18	28	300	890	32	110	890	3466	3352	4336	3352	0.97	◎
9003001636	325	490	S14T-M22	S14T-M22	16	28	300	800	32	110	800	3594	3373	4336	3373	0.96	◎
9003001636	325	490	S16T-M22	S16T-M22	14	28	300	710	32	110	710	3594	3395	4336	3395	0.95	◎
9003001636	325	490	S18T-M22	S18T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3466	3416	4336	3416	0.95	◎
9003001636	325	490	S20T-M22	S20T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3851	3438	4336	3438	0.94	◎
9003001636	385	550	S10T-M22	S10T-M22	26	28	300	1250	32	110	1250	4156	3925	5136	3925	0.98	◎
9003001636	385	550	S12T-M22	S12T-M22	22	28	300	1070	32	110	1070	4236	3947	5136	3947	0.97	◎
9003001636	385	550	S14T-M22	S14T-M22	18	28	300	890	32	110	890	4044	3968	5136	3968	0.97	◎
9003001636	385	550	S16T-M22	S16T-M22	16	28	300	800	32	110	800	4108	3990	5136	3990	0.96	◎
9003001636	385	550	S18T-M22	S18T-M22	14	28	300	710	32	110	710	4044	4011	5136	4011	0.96	◎
9003001636	385	550	S20T-M22	S20T-M22	12	28	300	620	32	110	620	3851	4033	5136	3851	1.00	◎

赤字：490N級鋼材

青字：550N級鋼材

ボルトの材質をS10T～S20Tに設定

フランジは概ね想定破断線上の耐力で決まる

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## ウェブ降伏曲げ耐力、せん断耐力

断面	ウェブボルト接合部諸元									添板形状				ウェブ継手：降伏曲げ耐力				ウェブ継手：降伏せん断耐力（参考値）				ウェブ継手：降伏せん断耐力					
F:ボルト接合 W:ボルト接合	ボルト本数			ゲージ方向			ピッチ方向			厚み	長さ	高さ	断面	ボルト	添板	耐力	耐力検討		せん断断面積		母材	ボルト	添板	耐力	ボルト	耐力検討	
	n1	n2	n3	g1	g2	eg	p	ep	クワ	t	L	H	Z	jMwy1	jMwy2	jMwy	Mjw/		母材	添板	jQa1	jQa2	jQa3	jQa	jQa	Qj/	
	本	本	本	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm3	kNm	kNm	kNm	jMwy		cm2	cm2	kN	kN	kN	kN	kN	jQa	

9003001636	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680	2160	480.4	701.8	480.4	0.46	◎	90.2	183.0	2933	4070	3435	2933	4070	0.19	◎
9003001636	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680	2160	583.8	701.8	583.8	0.37	◎	90.2	183.0	2933	4903	3435	2933	4903	0.15	◎
9003001636	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680	2160	684.8	701.8	684.8	0.32	◎	90.2	183.0	2933	5720	3435	2933	5720	0.13	◎
9003001636	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680	2160	785.6	701.8	701.8	0.31	◎	90.2	183.0	2933	6537	3435	2933	6537	0.12	◎
9003001636	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680	2160	886.2	701.8	701.8	0.31	◎	90.2	183.0	2933	7354	3435	2933	7354	0.10	◎
9003001636	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680	2160	986.7	701.8	701.8	0.31	◎	90.2	183.0	2933	8171	3435	2933	8171	0.09	◎
9003001636	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680	2160	739.3	831.4	739.3	0.35	◎	90.2	183.0	3474	6105	4069	3474	6105	0.13	◎
9003001636	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680	2160	897.3	831.4	831.4	0.31	◎	90.2	183.0	3474	7354	4069	3474	7354	0.11	◎
9003001636	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680	2160	1051.9	831.4	831.4	0.31	◎	90.2	183.0	3474	8580	4069	3474	8580	0.10	◎
9003001636	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680	2160	1206.4	831.4	831.4	0.31	◎	90.2	183.0	3474	9806	4069	3474	9806	0.08	◎
9003001636	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680	2160	1360.7	831.4	831.4	0.31	◎	90.2	183.0	3474	11031	4069	3474	11031	0.07	◎
9003001636	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680	2160	1514.9	831.4	831.4	0.31	◎	90.2	183.0	3474	12257	4069	3474	12257	0.07	◎

ウェブは、  
 曲げは、ボルトの強度が上がると添板で決定し  
 せん断は、母材で決まる傾向があるが、  
 一次設計では検定比的には余裕がある  
 （曲げ・せん断とも）  
 →二次設計で決まっている

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 最大曲げ耐力、最大せん断耐力

断面	継手部設計応力					フランジ 最大曲げ耐力								ウェブ 最大曲げ耐力						全体最大曲げ耐力			ウェブ 最大せん断耐力		
	Mp kNm	材質	$\alpha$	$\alpha$ Mp kNm	Qp kN	フランジ		添板		端F	端S	ボルト	MIN	ウェブ		添板	端W	端S	ボルト	MIN	耐力検討		ボルト	耐力検討	
						Afn cm <sup>2</sup>	jMfu1 kNm	Asn cm <sup>2</sup>	jMfu2 kNm	jMfu3 kNm	jMfu4 kNm	jMfu5 kNm	jMfu kNm	jMwu1 kNm	Zsn cm <sup>3</sup>	jMwu2 kNm	jMwu3 kNm	jMwu4 kNm	jMwu5 kNm	jMwu kNm	jMu kNm	$\alpha$ Mp/ jMu	jQu kN	Qp/ jQu	
BH断面																									

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	3924	SN490	1.10	4316	2553	84.2	3566	114.8	4860	14879	24798	8668	3566	1344	2160	1058	844	2322	1215	844	4411	0.98	◎	10032	0.25	◎
9003001636	3924	SN490	1.10	4316	2553	84.2	3566	114.8	4860	12136	20226	8518	3566	1344	2160	1058	844	2322	1463	844	4411	0.98	◎	12050	0.21	◎
9003001636	3924	SN490	1.10	4316	2553	84.2	3566	114.8	4860	10764	17940	8834	3566	1344	2160	1058	844	2322	1709	844	4411	0.98	◎	14058	0.18	◎
9003001636	3924	SN490	1.10	4316	2553	84.2	3566	114.8	4860	9392	15654	8834	3566	1344	2160	1058	844	2322	1955	844	4411	0.98	◎	16066	0.16	◎
9003001636	3924	SN490	1.10	4316	2553	84.2	3566	114.8	4860	8021	13368	8518	3566	1344	2160	1058	844	2322	2201	844	4411	0.98	◎	18075	0.14	◎
9003001636	3924	SN490	1.10	4316	2553	84.2	3566	114.8	4860	8021	13368	9465	3566	1344	2160	1058	844	2322	2447	844	4411	0.98	◎	20083	0.13	◎
9003001636	4648	HBL385B	1.10	5113	2866	84.2	4003	114.8	5455	19780	32967	10244	4003	1508	2160	1188	1458	4009	1866	1188	5191	0.99	◎	15048	0.19	◎
9003001636	4648	HBL385B	1.10	5113	2866	84.2	4003	114.8	5455	16701	27835	10411	4003	1508	2160	1188	1458	4009	2246	1188	5191	0.99	◎	18075	0.16	◎
9003001636	4648	HBL385B	1.10	5113	2866	84.2	4003	114.8	5455	13622	22703	9938	4003	1508	2160	1188	1458	4009	2625	1188	5191	0.99	◎	21087	0.14	◎
9003001636	4648	HBL385B	1.10	5113	2866	84.2	4003	114.8	5455	12082	20137	10095	4003	1508	2160	1188	1458	4009	3003	1188	5191	0.99	◎	24099	0.12	◎
9003001636	4648	HBL385B	1.10	5113	2866	84.2	4003	114.8	5455	10542	17571	9938	4003	1508	2160	1188	1458	4009	3381	1188	5191	0.99	◎	27112	0.11	◎
9003001636	4648	HBL385B	1.10	5113	2866	84.2	4003	114.8	5455	9003	15004	9465	4003	1508	2160	1188	1458	4009	3759	1188	5191	0.99	◎	30124	0.10	◎

フランジは1つ目の式  
(母材耐力)で決まる

ウェブはボルト強度では本数に差はなく  
2列打ち(490N)は端あき、  
3列打ち(550N)は添板で決まる



# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

フランジについてはボルト強度を上げることにより、ボルト本数や添板の縮小に効果が見られたが、ウェブについては効果がみられなかったため  
ボルト端部のはし空きとボルト間隔（タテのピッチ）を変えて検討する

## 追加検討①

ウェブのはしあき40mm、ボルトピッチ90mmの場合

## 追加検討②

ウェブのはしあき90mm、ボルトピッチ90mmの場合

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## ウェブのはしあき40mm、ボルトピッチ60mmの場合

断面	材質		ウェブ 継手	ウェブボルト接合部諸元									添板形状		
F:ボルト接合 W:ボルト接合	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_u$ N/mm <sup>2</sup>	HTB	ボルト本数			ゲージ方向			ピッチ方向			厚み t mm	長さ L mm	高さ H mm
				n1 本	n2 本	n3 本	g1 mm	g2 mm	eg mm	p mm	ep mm	クリア mm			
BH断面															

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ60mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S12T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S14T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S16T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S18T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	325	490	S20T-M22	11	11	0	90	60	40	60	40	42	22	290	680
9003001636	385	550	S10T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S12T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S14T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S16T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S18T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680
9003001636	385	550	S20T-M22	11	11	11	90	60	40	60	40	42	22	410	680

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

ウェブのはしあき**40mm**、ボルトピッチ**90mm**の場合

断面	材質		ウェブ継手	ウェブボルト接合部諸元									添板形状		
F:ボルト接合 W:ボルト接合	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_u$ N/mm <sup>2</sup>	HTB	ボルト本数			ゲージ方向			ピッチ方向			厚み t mm	長さ L mm	高さ H mm
				n1 本	n2 本	n3 本	g1 mm	g2 mm	eg mm	p mm	ep mm	クリア mm			
BH断面															

【ウェブのはしあきを40mm,ボルトピッチ90mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	325	490	S12T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	325	490	S14T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	325	490	S16T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	325	490	S18T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	325	490	S20T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	385	550	S10T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	385	550	S12T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	385	550	S14T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	385	550	S16T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	385	550	S18T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710
9003001636	385	550	S20T-M22	8	8	8	90	60	40	90	40	27	22	410	710

490N級では3列打ちになり22本から24本に増える。添板も大きくなる。  
ボルト列数が変わらない550N級ではボルト本数が33本から24本に減る。

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

ウェブのはしあき**90mm(=ゲージ170mm)**、ボルトピッチ**90mm**の場合

断面	材質		ウェブ 継手	ウェブボルト接合部諸元									添板形状		
F:ボルト接合 W:ボルト接合	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_u$ N/mm <sup>2</sup>	HTB	ボルト本数			ゲージ方向			ピッチ方向			厚み t mm	長さ L mm	高さ H mm
				n1 本	n2 本	n3 本	g1 mm	g2 mm	eg mm	p mm	ep mm	クリア mm			
BH断面															

【ウェブのはしあきを90mm,ボルトピッチ90mmと設定した場合】

9003001636	325	490	S10T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	325	490	S12T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	325	490	S14T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	325	490	S16T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	325	490	S18T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	325	490	S20T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	385	550	S10T-M22	8	8	8	170	60	40	90	40	27	22	490	710
9003001636	385	550	S12T-M22	8	8	8	170	60	40	90	40	27	22	490	710
9003001636	385	550	S14T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	385	550	S16T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	385	550	S18T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710
9003001636	385	550	S20T-M22	8	8	0	170	60	40	90	40	27	22	370	710

490N級では2列打ちにできるので、ボルト本数は22本から16本に減る。  
550N級ではS14T以上で2列打ちできるのでボルト本数は33本から16本に減る。

## 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

- ・ 一次設計でウェブ継手の仕様が決定することはない。
- ・ フランジについては、ボルト強度が上がるほど、継手が小さくなる傾向にある。8Tと20Tでは、継手部の長さが倍近く異なる。
- ・ ウェブについては、はしあき（40,90）とボルトピッチをパラメータとして検討を行った。

ボルト強度が高くなると母材・添板のはしあき破断などで決まるのではしあきを大きく確保するか、列数を増やす必要があり、ボルト強度を上げても添板のサイズダウン効果は得られない。
- ・ フランジは550N級で、S10Tのボルトを採用すると、ブラケットはぎりぎり設けられる長さ。（継手位置を柱芯から1200mmと想定）

## 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

- ・ メリットがあるフランジを超超高力ボルト、ウェブは一般の高力ボルトとするなどの使い分けも考えられるが、実際の施工を考えると間違いによるリスクがあり推奨しにくい。
- ・ ウェブのボルト配置として、土木でよく採用されるフランジ近傍の列数を上げる方法も 考えられるが、これも孔あけ段階でファブから嫌がられる可能性がある。
- ・ 建物用途（スパン、床荷重）による適用

# 超超高力ボルトによる梁継手の試設計

## 今後の検討

- ・ 建物用途（スパン、床荷重）による適用可能性
- ・ SA440級などさらなる高強度鋼材

以上