

I-15 格子桁の一数值解法について

岐阜大学工学部 准員 井上 肇

筆者はここに弾性交差上の連続はりでモーメント分配法の適用を試み、さらに横桁が主桁に単純に支持されているという仮定で表記の解法を考案した。格子構造の主桁、横桁の数が多くなれば、その解を求めることは非常に面倒であるから、その一別法として、ラーメンや連続はりでのモーメント分配法に相当する逐次近似解法を、格子桁とタテヨコの二つの方向に分解し、横桁は主桁にそれぞれの交点で上下方向に弾性的に支持され、かつ主桁のねじり剛性によって弾性的に回転できるものであると仮定し考案した。すなわち、ねじり剛性は主桁のみと見え、横桁のそれは無視した。

この解法の基本的な考え方は、上記の支持条件をもつ連続はりであるが、始め表記のモーメント分配法の方法を求め、これと主桁とを組み合わせ、各点のタワミとねじりモーメントが釣り合うようにしてゆくものである。横桁の一本だけで横桁上に荷重があるときは、横桁と主桁とを組み合わせれば解が得られるが、横桁が二本以上になったり、主桁上に荷重があるときには、主桁に仮想的な力を加え、これを配分することにより(横桁についての解を利用)、それぞれの横桁の部分における横桁と主桁とのタワミの差が零になるようにする。この操作は、まず一つの横桁だけに注目して行い、その結果他の横桁の部分に新しいタワミの差が生ずるが、これを今までの操作を繰り返して逐次タワミの差が零になるようにする。このとき主桁に生ずるねじりモーメントについても釣り合わせる必要があり、このためにタワミの差のバウンスが破れるが、再びこれをバウンスさせる。すなわち、繰返はタワミとねじりモーメントの二つについて、予行的に実施する必要がある。主桁についてのねじり剛性のとり方は、その横桁の隣りの横桁までの長さとし、他端は上下に自由、回転には固定として考える。

計算例

図-1 に示す格子桁はこの解法を適用する。

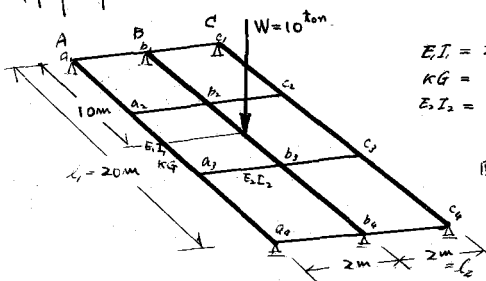


図-1

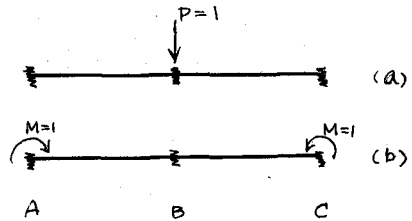


図-2

図-2a の解 $R_A = R_C = +0.7113$, $R_B = +0.7114 (-0.6224)$, $M_{AB} = -0.0152 \times l_1$, $M_{BC} = +0.0158 l_1$, $M_{AT} = +0.0076 l_1$, $M_{BT} = 0$.

図-2b の解 $R_A = R_C = -14.01$, $R_B = +28.02$, $M_{AB} = +0.6864 l_1$, $M_{BC} = -0.7149 l_1$, $M_{AT} = (6 - 0.1518) l_1$, $M_{BT} = 0$.

したがって M_{AT} , M_{BT} は A 桁, B 桁におけるねじりモーメント。この内はバウンス用の解。

上の解を用い、荷重 10^{ton} は B 主桁にだけで負荷すると(横桁の存在は一応無視) b_1, b_2 におけるタワミを求めると $y_{b1} = y_{b2} = 7.099 cm$ となりタワミの差(主桁と横桁)を小さく

るために、前述の力 $P = 7.099 / (6.546 \times 10^4) = 1.0782 \times 10^{-4} \text{ kg} = 10.782 \text{ ton}$ と加え、と、それの配分は表-1 に示される通りである。ただし C.M. は前述の仮定モメントである。

表-1 シリミ 2W のねじりモメントのバランス計算

バランス表	2	3			2	解
		シリミ	ねじり	計		
シリミ	y_a, y_c		+1.923		+0.303	
	y_b		-3.468		-0.605	
$\Delta = y_a - y_b$	7.099		+1.298			
不平衡力 $P = \Delta \cdot U$	10.782		+1.992		-0.908	
荷重	R_a, R_c	+3.356	+0.614	-0.089		+1.7682
	R_b	-6.712	-1.228	+0.177		-3.5365
モーメント	M_{ab}	-0.1644	-0.0301	+0.0043		-0.07906
	M_{bc}	+0.1713	+0.0313	-0.0046		+0.07956
	M_{at}	+0.0233	+0.0150	+0.0106		+0.02621
	C.M.	-0.0823	-0.0140	-0.0386		-0.05406

表-1 に示すように、不平衡力 P の減少率は非常に小さいから、それらの操作は①シリミ②ねじりモメントとに明確に分け、それぞれ操作の過程において既知と仮定することを利用して R_a 等と既知和で表わし、計算の迅速化を図った。

表-2 シリミのバランス計算 (b_2 は $P=1$)

	b_2	b_3
R_a, R_c	$\alpha / 1 - x^2$	$\alpha x / 1 - x^2$
R_b	$\beta / 1 - x^2$	$\beta x / 1 - x^2$
M_{ab}	$m_1 / 1 - x^2$	$m_1 x / 1 - x^2$
M_{bc}	$m_2 / 1 - x^2$	$m_2 x / 1 - x^2$
M_{at}	$m_3 / 1 - x^2$	$m_3 x / 1 - x^2$
C.M.	$m_4 / 1 - x^2$	$m_4 x / 1 - x^2$

表-3 ねじりモメントのバランス計算 (A.C.P. に $M_T=1$)

b_2	b_3
$\alpha r_1 (k_2 - k_1) x / 1 - x^2 + r_1 k_1 = \delta_1$	$\alpha f u r_1 (k_2 - k_1) / 1 - x^2 = \Delta_1$
$\beta r_1 (k_2 - k_1) x / 1 - x^2 + r_1 k_2 = \delta_2$	$\beta f u r_1 (k_2 - k_1) / 1 - x^2 = \Delta_2$
$m_1 r_1 (k_2 - k_1) x / 1 - x^2 + r_1 k_1 = \delta_3$	$m_1 f u r_1 (k_2 - k_1) / 1 - x^2 = \Delta_3$
$m_2 r_1 (k_2 - k_1) x / 1 - x^2 + r_1 k_2 = \delta_4$	$m_2 f u r_1 (k_2 - k_1) / 1 - x^2 = \Delta_4$
$m_3 r_1 (k_2 - k_1) x / 1 - x^2 + r_1 k_2 = \delta_5$	$m_3 f u r_1 (k_2 - k_1) / 1 - x^2 = \Delta_5$
$m_4 r_1 (k_2 - k_1) x / 1 - x^2 + r_1 k_2 = \delta_6$	$m_4 f u r_1 (k_2 - k_1) / 1 - x^2 = \Delta_6$

表-3 で r_1 は節点 i の橋脚に対するモメントの分配率、 k_1, k_2 は図-2b の脚の反力に関する項、 $k_1, k_2, \delta_1, \delta_2$ はそれぞれモメントに関する項である。表-2 で $\alpha, \beta, m_1, m_2, m_3, m_4$ は図-2a の解にそれぞれ対応し、 f は b_2 は $P=1$ のときの b_3 のシリミ、 u は b_2 は $P=1$ の b_3 のシリミの逆数である。

表-3 で r_1 はねじりモメントの不適合の量、残っているから、これを順次バランスして r_2 のが表-4 である。($R_a \sim M_{at}$ 代表 R_a)

表-4 $M_T=1$ のバランス計算 (b_2)

側取		1	2	3	...	n	...	計
R_a	b_2	α	$u\alpha$	$u^2\alpha$	...	$u^{n-1}\alpha$	...	$\alpha/1-u$
	b_3	β	$u\beta$	$u^2\beta$	...	$u^{n-1}\beta$	...	$\beta/1-u$
C.M.	b_2	u	u^2	u^3	...	u^n	...	—
	b_3	v	uv	uv^2	...	uv^{n-1}	...	$v/1-u$

表-4 に示すように b_3 は C.M. が残っているため、以上の操作をくりかえして (b_3 は同じ b_2 の 2 と 3 と 4 と 5 と 6 と 7 と 8 と 9 と 10 と 11 と 12 と 13 と 14 と 15 と 16 と 17 と 18 と 19 と 20 と 21 と 22 と 23 と 24 と 25 と 26 と 27 と 28 と 29 と 30 と 31 と 32 と 33 と 34 と 35 と 36 と 37 と 38 と 39 と 40 と 41 と 42 と 43 と 44 と 45 と 46 と 47 と 48 と 49 と 50 と 51 と 52 と 53 と 54 と 55 と 56 と 57 と 58 と 59 と 60 と 61 と 62 と 63 と 64 と 65 と 66 と 67 と 68 と 69 と 70 と 71 と 72 と 73 と 74 と 75 と 76 と 77 と 78 と 79 と 80 と 81 と 82 と 83 と 84 と 85 と 86 と 87 と 88 と 89 と 90 と 91 と 92 と 93 と 94 と 95 と 96 と 97 と 98 と 99 と 100 と 101 と 102 と 103 と 104 と 105 と 106 と 107 と 108 と 109 と 110 と 111 と 112 と 113 と 114 と 115 と 116 と 117 と 118 と 119 と 120 と 121 と 122 と 123 と 124 と 125 と 126 と 127 と 128 と 129 と 130 と 131 と 132 と 133 と 134 と 135 と 136 と 137 と 138 と 139 と 140 と 141 と 142 と 143 と 144 と 145 と 146 と 147 と 148 と 149 と 150 と 151 と 152 と 153 と 154 と 155 と 156 と 157 と 158 と 159 と 160 と 161 と 162 と 163 と 164 と 165 と 166 と 167 と 168 と 169 と 170 と 171 と 172 と 173 と 174 と 175 と 176 と 177 と 178 と 179 と 180 と 181 と 182 と 183 と 184 と 185 と 186 と 187 と 188 と 189 と 190 と 191 と 192 と 193 と 194 と 195 と 196 と 197 と 198 と 199 と 200 と 201 と 202 と 203 と 204 と 205 と 206 と 207 と 208 と 209 と 210 と 211 と 212 と 213 と 214 と 215 と 216 と 217 と 218 と 219 と 220 と 221 と 222 と 223 と 224 と 225 と 226 と 227 と 228 と 229 と 230 と 231 と 232 と 233 と 234 と 235 と 236 と 237 と 238 と 239 と 240 と 241 と 242 と 243 と 244 と 245 と 246 と 247 と 248 と 249 と 250 と 251 と 252 と 253 と 254 と 255 と 256 と 257 と 258 と 259 と 260 と 261 と 262 と 263 と 264 と 265 と 266 と 267 と 268 と 269 と 270 と 271 と 272 と 273 と 274 と 275 と 276 と 277 と 278 と 279 と 280 と 281 と 282 と 283 と 284 と 285 と 286 と 287 と 288 と 289 と 290 と 291 と 292 と 293 と 294 と 295 と 296 と 297 と 298 と 299 と 300 と 301 と 302 と 303 と 304 と 305 と 306 と 307 と 308 と 309 と 310 と 311 と 312 と 313 と 314 と 315 と 316 と 317 と 318 と 319 と 320 と 321 と 322 と 323 と 324 と 325 と 326 と 327 と 328 と 329 と 330 と 331 と 332 と 333 と 334 と 335 と 336 と 337 と 338 と 339 と 340 と 341 と 342 と 343 と 344 と 345 と 346 と 347 と 348 と 349 と 350 と 351 と 352 と 353 と 354 と 355 と 356 と 357 と 358 と 359 と 360 と 361 と 362 と 363 と 364 と 365 と 366 と 367 と 368 と 369 と 370 と 371 と 372 と 373 と 374 と 375 と 376 と 377 と 378 と 379 と 380 と 381 と 382 と 383 と 384 と 385 と 386 と 387 と 388 と 389 と 390 と 391 と 392 と 393 と 394 と 395 と 396 と 397 と 398 と 399 と 400 と 401 と 402 と 403 と 404 と 405 と 406 と 407 と 408 と 409 と 410 と 411 と 412 と 413 と 414 と 415 と 416 と 417 と 418 と 419 と 420 と 421 と 422 と 423 と 424 と 425 と 426 と 427 と 428 と 429 と 430 と 431 と 432 と 433 と 434 と 435 と 436 と 437 と 438 と 439 と 440 と 441 と 442 と 443 と 444 と 445 と 446 と 447 と 448 と 449 と 450 と 451 と 452 と 453 と 454 と 455 と 456 と 457 と 458 と 459 と 460 と 461 と 462 と 463 と 464 と 465 と 466 と 467 と 468 と 469 と 470 と 471 と 472 と 473 と 474 と 475 と 476 と 477 と 478 と 479 と 480 と 481 と 482 と 483 と 484 と 485 と 486 と 487 と 488 と 489 と 490 と 491 と 492 と 493 と 494 と 495 と 496 と 497 と 498 と 499 と 500 と 501 と 502 と 503 と 504 と 505 と 506 と 507 と 508 と 509 と 510 と 511 と 512 と 513 と 514 と 515 と 516 と 517 と 518 と 519 と 520 と 521 と 522 と 523 と 524 と 525 と 526 と 527 と 528 と 529 と 530 と 531 と 532 と 533 と 534 と 535 と 536 と 537 と 538 と 539 と 540 と 541 と 542 と 543 と 544 と 545 と 546 と 547 と 548 と 549 と 550 と 551 と 552 と 553 と 554 と 555 と 556 と 557 と 558 と 559 と 560 と 561 と 562 と 563 と 564 と 565 と 566 と 567 と 568 と 569 と 570 と 571 と 572 と 573 と 574 と 575 と 576 と 577 と 578 と 579 と 580 と 581 と 582 と 583 と 584 と 585 と 586 と 587 と 588 と 589 と 590 と 591 と 592 と 593 と 594 と 595 と 596 と 597 と 598 と 599 と 600 と 601 と 602 と 603 と 604 と 605 と 606 と 607 と 608 と 609 と 610 と 611 と 612 と 613 と 614 と 615 と 616 と 617 と 618 と 619 と 620 と 621 と 622 と 623 と 624 と 625 と 626 と 627 と 628 と 629 と 630 と 631 と 632 と 633 と 634 と 635 と 636 と 637 と 638 と 639 と 640 と 641 と 642 と 643 と 644 と 645 と 646 と 647 と 648 と 649 と 650 と 651 と 652 と 653 と 654 と 655 と 656 と 657 と 658 と 659 と 660 と 661 と 662 と 663 と 664 と 665 と 666 と 667 と 668 と 669 と 670 と 671 と 672 と 673 と 674 と 675 と 676 と 677 と 678 と 679 と 680 と 681 と 682 と 683 と 684 と 685 と 686 と 687 と 688 と 689 と 690 と 691 と 692 と 693 と 694 と 695 と 696 と 697 と 698 と 699 と 700 と 701 と 702 と 703 と 704 と 705 と 706 と 707 と 708 と 709 と 710 と 711 と 712 と 713 と 714 と 715 と 716 と 717 と 718 と 719 と 720 と 721 と 722 と 723 と 724 と 725 と 726 と 727 と 728 と 729 と 730 と 731 と 732 と 733 と 734 と 735 と 736 と 737 と 738 と 739 と 740 と 741 と 742 と 743 と 744 と 745 と 746 と 747 と 748 と 749 と 750 と 751 と 752 と 753 と 754 と 755 と 756 と 757 と 758 と 759 と 760 と 761 と 762 と 763 と 764 と 765 と 766 と 767 と 768 と 769 と 770 と 771 と 772 と 773 と 774 と 775 と 776 と 777 と 778 と 779 と 780 と 781 と 782 と 783 と 784 と 785 と 786 と 787 と 788 と 789 と 790 と 791 と 792 と 793 と 794 と 795 と 796 と 797 と 798 と 799 と 800 と 801 と 802 と 803 と 804 と 805 と 806 と 807 と 808 と 809 と 810 と 811 と 812 と 813 と 814 と 815 と 816 と 817 と 818 と 819 と 820 と 821 と 822 と 823 と 824 と 825 と 826 と 827 と 828 と 829 と 830 と 831 と 832 と 833 と 834 と 835 と 836 と 837 と 838 と 839 と 840 と 841 と 842 と 843 と 844 と 845 と 846 と 847 と 848 と 849 と 850 と 851 と 852 と 853 と 854 と 855 と 856 と 857 と 858 と 859 と 860 と 861 と 862 と 863 と 864 と 865 と 866 と 867 と 868 と 869 と 870 と 871 と 872 と 873 と 874 と 875 と 876 と 877 と 878 と 879 と 880 と 881 と 882 と 883 と 884 と 885 と 886 と 887 と 888 と 889 と 890 と 891 と 892 と 893 と 894 と 895 と 896 と 897 と 898 と 899 と 900 と 901 と 902 と 903 と 904 と 905 と 906 と 907 と 908 と 909 と 910 と 911 と 912 と 913 と 914 と 915 と 916 と 917 と 918 と 919 と 920 と 921 と 922 と 923 と 924 と 925 と 926 と 927