

STRUCTURAL SYSTEMS

ARCHITECTURAL  
ENGINEERING  
DESIGN



Robert Brown Butler

CD-ROM Included



624.174  
b985

# ARCHITECTURAL ENGINEERING DESIGN: STRUCTURAL SYSTEMS

Includes one CD of  
Computerized formulas



Robert Brown Butler



**McGraw-Hill**

New York San Francisco Washington, D.C. Auckland Bogota  
Caracas Lisbon London Madrid Mexico City Milan Montreal  
New Delhi San Juan Singapore Sydney Tokyo Toronto

GIFT OF THE ASIA FOUNDATION  
NOT FOR RE-SALE  
QUÀ TẶNG CỦA QUỸ CHÂU Á  
KHÔNG ĐƯỢC BÁN LẠI



# CONTENTS

xii **T** TABLES

xiv **P** PREFACE  
xvii IN MEMORIAM

## **1** INTRODUCTION

- 1 **1A** GENERAL
- 3 **1A1** Terms & Symbols
- 4 **1A1a** Math Symbols
- 5 **1A1b** Abbreviations
- 9 **1A1c** Unusual Terms
- 11 **1A1d** Metrication
- 12 **1A2** Jurisdictional Constraints
- 14 **1A3** Preparation of Drawings
- 15 **1A4** Computerization
- 21 **1A5** Designer's Responsibility

## **2** STRUCTURAL BASICS

- 23 **2A** GENERAL
- 25 **2A1** Rule of Redundancy
- 27 **2B** LOADS & FORCES

- 29 **2B1** Dead Loads
- 32 **2B2** Live Loads
- 32 **2B2a** Floor Reductions
- 33 **2B2b** Roof Reductions
- 34 **2B2c** Snow Reductions
- 36 **2B3** Settlement Loads
- 37 **2B4** Thermal Loads
- 37 **2B5** Dynamic Loads
- 38 **2B5a** Inertial Loads
- 39 **2B5b** Impact Loads
- 41 **2B5c** Resonant Loads
- 42 **2B6** Torsion Loads
- 44 **2B7** Wind Loads
- 46 **2B7a** Wind Load Amplification
- 47 **2B7b** Wind Height Adjustment
- 48 **2B7c** Facade Force
- 48 **2B7d** Diaphragm Shear
- 49 **2B7e** Sliding Shear
- 49 **2B7f** Seam Shear
- 50 **2B7g** Pier Rigidity
- 53 **2B7h** Uplift Force
- 55 **2B7i** Overturning Force
- 57 **2B7j** Oscillation
- 58 **2B7k** Tornado Force
- 59 **2B7m** Hurricane Force
- 61 **2C** STRUCTURAL SYSTEMS
- 61 **2C1** Beams
- 72 **2C1a** Shear
- 74 **2C1b** Bending Moment

77	<b>2C1c</b>	Deflection
80	<b>2C1d</b>	Moment of Inertia
82	<b>2C1e</b>	Buckling
82	<b>2C1f</b>	Bearing
83	<b>2C2</b>	Columns
85	<b>2C2a</b>	Eccentric Loads
86	<b>2C2b</b>	P-Delta Effect
87	<b>2C3</b>	Bracing
89	<b>2C3a</b>	Braced Frames
93	<b>2C3b</b>	Rigid Frames
95	<b>2C3c</b>	Infilled Frames
99	<b>2C3d</b>	Shear Walls
101	<b>2C3e</b>	Framed Tubes
102	<b>2C3f</b>	Thin-Walled Cores
104	<b>2C3g</b>	Folded Plates
104	<b>2C4</b>	Vectors
109	<b>2C5</b>	Flat Plates

### **3 WOOD**

113	<b>3A</b>	GENERAL
118	<b>3B</b>	BEAMS
118	<b>3B1</b>	Vertical Shear
118	<b>3B2</b>	Horizontal Shear
121	<b>3B3</b>	Bending Moment
124	<b>3B4</b>	Deflection
125	<b>3B5</b>	Bearing Area
126	<b>3B6</b>	Notched Beams
127	<b>3B7</b>	Lateral Support
128	<b>3B8</b>	Depth Reduction
129	<b>3B9</b>	Curvature Reduction
129	<b>3B10</b>	Single-Tapered Beams
131	<b>3B11</b>	Double-Tapered Beams
133	<b>3B12</b>	Two-hinged Arches
136	<b>3B13</b>	3-Hinged Arches
142	<b>3C</b>	FLOOR & ROOF SYSTEMS
142	<b>3C1</b>	Lightweight I-Joists
144	<b>3C2</b>	Flat Trusses
146	<b>3C3</b>	Gable Trusses
148	<b>3C4</b>	Gluelams
150	<b>3C5</b>	Timber Domes

153	<b>3C6</b>	Hypars
159	<b>3D</b>	COLUMNS
162	<b>3D1</b>	Tapered Columns
163	<b>3D2</b>	Spaced Columns
164	<b>3D3</b>	Bracketed Columns
165	<b>3D4</b>	Stud Walls
166	<b>3D5</b>	Pole Structures
169	<b>3E</b>	BRACING
174	<b>3F</b>	CONNECTIONS
174	<b>3F1</b>	Nails
176	<b>3F2</b>	Screws & Lag Bolts
179	<b>3F3</b>	Machine Bolts
181	<b>3F4</b>	Sheet Metal Fasteners
183	<b>3F5</b>	Hinges
184	<b>3F6</b>	Spiral Dowels
185	<b>3G</b>	OBLIQUE LOADS

### **4 STEEL**

189	<b>4A</b>	GENERAL
191	<b>4B</b>	BEAMS
191	<b>4B1</b>	Shear
211	<b>4B2</b>	Bending Moment
213	<b>4B3</b>	Deflection
214	<b>4B4</b>	Lateral Support
220	<b>4B5</b>	Bearing Plates
221	<b>4B6</b>	Web Stiffeners
223	<b>4B7</b>	Built-Up Beams
230	<b>4B8</b>	Flange Stiffeners
231	<b>4C</b>	TRUSSES
233	<b>4C1</b>	Warren Trusses
234	<b>4C2</b>	Pratt Trusses
236	<b>4C3</b>	Truss Chords
238	<b>4C4</b>	Truss Gusset Plates
240	<b>4D</b>	FLOOR & ROOF SYSTEMS
240	<b>4D1</b>	Composite Design
243	<b>4D2</b>	Metal Decking
247	<b>4D3</b>	Open-Web Joists
255	<b>4D4</b>	Staircases
256	<b>4D5</b>	Space Frames
262	<b>4E</b>	COLUMNS
266	<b>4E1</b>	Built-up Sections
267	<b>4E2</b>	Economic Sections



- 267 **4)E3** Pedestals & Bases  
 273 **4)E4** Poles  
 275 **4)E5** Light Metal Framing  
 278 **4)E5a** L.M.F. Fasteners  
 278 **4)F BRACING**  
 281 **4)G CONNECTIONS**  
 282 **4)G1** Bolts & Rivets  
 291 **4)G1a** Bolt Plates  
 295 **4)G1b** Framed Beam Connections  
 297 **4)G1c** Seated Beam Connections  
 300 **4)G1d** Stiffened Beam Connections  
 301 **4)G1e** Moment Beam Connections  
 304 **4)G1f** One-Sided Beam Connections  
 306 **4)G1g** Brackets  
 309 **4)G1h** Hangers  
 312 **4)G1i** Column Splices  
 315 **4)G2** Welds  
 319 **4)G2a** Framed Beam Connections  
 322 **4)G2b** Seated Beam Conn.  
 324 **4)G2c** Stiffened Beam Connections  
 326 **4)G2d** Moment Beam Conn.  
 330 **4)G2e** One-Sided Beam Connections  
 332 **4)G2f** Rigid Knees  
 336 **4)G2g** Column Splices  
 338 **4)G2h** Highly Eccentric Plate loads  
 340 **4)G3** Combined Bolted & Welded Connections  
 341 **4)G3a** Moment Beam Connections  
 342 **4)G3b** End Plate Beam Connections  
 345 **4)G4** Pinned Connections  
 353 **4)G5** Eyebars  
 354 **4)G6** Hooks  
 355 **4)G7** Cables
- 5 CONCRETE**
- 361 **5)A GENERAL**  
 365 **5)B BEAMS**  
 366 **5)B1** Bending Moment  
 368 **5)B2** Shear  
 369 **5)B3** Diagonal Tension  
 371 **5)B4** Deflection  
 372 **5)B5** Bond Shear  
 374 **5)B6** T-Beams  
 378 **5)B7** Steel Beams in Concrete  
 380 **5)C FLOOR & ROOF SYSTEMS**  
 382 **5)C1** Ribbed Slabs  
 386 **5)C2** One-Way Slabs  
 390 **5)C3** Two-Way Slabs  
 393 **5)C4** Flat-Slab Floors  
 398 **5)C5** Flat-Plate Floors  
 401 **5)C6** Waffle Slabs  
 403 **5)C7** Slab Punching Shear  
 406 **5)C8** Staircases  
 412 **5)C9** Spandrels & Openings in Slabs  
 414 **5)C10** Shell Structures  
 422 **5)D COLUMNS**  
 423 **5)D1** Round  
 426 **5)D2** Rectangular  
 429 **5)E WALLS**  
 432 **5)E1** Bearing Walls  
 435 **5)E2** Basement Walls  
 437 **5)E3** Retaining Walls  
 441 **5)F BRACING**  
 442 **5)G CONNECTIONS**  
 443 **5)G1** Dowels  
 446 **5)G2** Hooks  
 447 **5)G3** Expansion Bolts and Anchor Bolts  
 450 **5)G4** Shelf Edges  
 451 **5)H FOOTINGS**  
 461 **5)H1** Soil Bearing  
 463 **5)H2** Wall Footings  
 465 **5)H3** Column Footings  
 469 **5)H4** Combined Footings  
 472 **5)H5** Grilled Footings

- 474 **5H6** Foundations Under Heavy Machinery  
 477 **5H7** Piles  
 481 **5H8** Pile Caps

## **6 MASONRY**

- 485 **6A** GENERAL  
 490 **6B** NONREINFORCED MASONRY  
 490 **6B1** Pillars & Piers  
 491 **6B2** Bearing Walls  
 492 **6B3** Nonbearing Walls  
 493 **6B4** Chimneys  
 500 **6B5** Arches  
 502 **6C** REINFORCED MASONRY  
 504 **6C1** Pillars & Piers  
 505 **6C2** Cavity Walls  
 507 **6C3** Concrete Block Walls  
 516 **6D** EARTH CONSTRUCTION

## **7 OTHER STRUCTURE**

- 519 **7A** ALUMINUM  
 523 **7B** PLASTIC  
 524 **7C** FABRIC STRUCTURES  
 530 **7D** SEISMIC DESIGN  
 541 **7D1** Seismic Anchorage of Mechanical Systems

## **8 DESIGN**

- 543 **8A** GENERAL  
 543 **8B** LAND USE  
 543 **8B1** Catchments  
 545 **8B2** Market Potential  
 546 **8C** ACCESS DRIVES  
 559 **8D** EXCAVATION  
 561 **8E** CIRCULATION  
 561 **8E1** Parking

- 562 **8E2** Sidewalks  
 563 **8E3** Signage  
 564 **8E4** Slopes & Ramps  
 567 **8E5** Stairs  
 571 **8E6** Escalators  
 573 **8E7** Moving Walks & Ramps  
 576 **8E8** Elevators  
 582 **8E8a** Traction Elevators  
 587 **8E8b** Hydraulic Elevators  
 589 **8E8c** Freight Elevators  
 590 **8E8d** Dumbwaiters  
 590 **8E8e** Home Elevators  
 592 **8E8f** Stair Elevators  
 592 **8E8g** Bucket Elevators  
 594 **8F** OCCUPANCIES  
 598 **8F1** Effective Floor Area  
 598 **8F2** Mechanical Equipment  
 600 **8G** OPENING AREAS  
 601 **8G1** Window Area  
 601 **8G2** Attic Vent Area  
 602 **8G3** Crawlspace Vent Area  
 603 **8H** COLOR COMPOSITION  
 605 **8J** PLAN GEOMETRY  
 605 **8J1** The Square  
 606 **8J2** The Octagon  
 608 **8J3** The Hexagon  
 609 **8J4** The Golden Section  
 612 **8K** FIRE SAFETY  
 620 **8L** ACCESSIBILITY  
 624 **8M** WASTE HANDLING  
 625 **8N** COMPUTER-AIDED DESIGN

## **A APPENDIX**

- 629 **A1** USEFUL FORMULAS  
 667 **A4** DERIVATION OF FORMULAS  
 701 **A5** INDEX

**B**ạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

*Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!*

*Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !*

*Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !*



**Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM** để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại  
**Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM**  
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: [thuvienspkt@hcmute.edu.vn](mailto:thuvienspkt@hcmute.edu.vn)  
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

***Thông tin tài trợ!***



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing. There are 18 lines in total, providing a structured space for text.





**B**ạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

*Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!*

*Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !*

*Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !*



**Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !**

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại  
**Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM**  
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: [thuvienspkt@hcmute.edu.vn](mailto:thuvienspkt@hcmute.edu.vn)  
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

***Thông tin tài trợ!***



A series of horizontal dotted lines arranged in a column, providing a space for writing. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page, framed by decorative scrollwork on the left and right sides.

