



CHAPTER 2

Design methods and Philosophies

DESIGN METHODS

After 1963, the ultimate-strength design method rapidly gained popularity because (1) it makes use of a more rational approach than does WSD, (2) it uses a more realistic consideration of safety, and (3) it provides more economical designs. With this Method (now called strength design), the working dead and live loads are multiplied by certain load factors (equivalent to safety factors), and the resulting values are called factored loads. The members are then selected so they will theoretically just fail under the factored loads.

Ali R. Emami

Reinforced Concrete: Mechanics and Design

روش‌های طراحی و ترکیبات

بارگذاری

۱-۳ هدف از طراحی

هدف از طراحی یک عضو سازه‌ای یا یک سازه، تأمین ایمنی کافی و رعایت اقتصاد می‌باشد. یک عضو سازه‌ای اساساً از آن جهت طرح می‌شود که از ایمنی کافی برخوردار باشد؛ به این مفهوم که در مقابل بارهای وارده و تحت انواع شرایط محتمل، از پایداری کافی برخوردار باشد. به دلایل زیر، تعیین دقیق شرایطی که ارزیابی ایمنی سازه در آن شرایط باید صورت گیرد، امکان‌پذیر نیست:

۱- پیش‌بینی دقیق بارهای وارده بر سازه و نیز پیش‌بینی دقیق توزیع بارها امکان‌پذیر نیست. این مسأله بیش‌تر به ماهیت احتمالی "بار" برمی‌گردد. ارزیابی بسیاری از بارها نظیر بار زنده، برف، باد و زلزله بر اساس بررسی آماری و برآورد مبتنی بر توزیع احتمالی بار صورت می‌گیرد. چنین ارزیابی از مقدار، توزیع و ترکیب بار، ممکن است با آنچه در عمل اتفاق می‌افتد، متفاوت باشد.

۲- مقاومت مصالح مصرفی نیز ماهیت احتمالی دارد و پیش‌بینی مقدار تنش تسلیم و یا مقاومت نهایی نیز بر اساس بررسی‌های آماری و استفاده از توزیع‌های احتمالی صورت می‌گیرد. بنابراین موادی که در اجزاء سازه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ممکن است در عمل مشخصات مکانیکی متفاوت از مقادیر پیش‌بینی شده از خود بروز دهند.

۳- آنالیز سازه و تعیین تنش در اجزاء سازه اصولاً بر اساس تئوری‌هایی صورت می‌گیرد که ممکن است در عمل به صورت کامل برقرار نباشند. این مسأله نیز تفاوت‌هایی بین مقادیر واقعی تنش‌ها و مقادیر پیش‌بینی شده اعمال می‌کند.

۴- جزئیات اجرایی اجزاء سازه نیز به دلایل کارگاهی و خطاهای انسانی، معمولاً به صورت کامل با آنچه در طراحی تعیین می‌شود، انطباق ندارد. این مسأله به‌خصوص در بتن مسلح و در مورد ابعاد قطعات بتنی و نیز موقعیت دقیق میلگردهای فولادی بیش‌تر اتفاق می‌افتد.

با توجه به موارد فوق، معمولاً برای تأمین ایمنی کافی در سازه باید شرایط بارگذاری را تا حدودی دست بالا، و شرایط مقاومت اجزاء را تا حدودی دست پایین در نظر بگیریم تا "ضریب اطمینان"^۱ کافی در مقابل شرایط عملی فراهم گردد. تعیین ضریب اطمینان و تدوین روش مناسب برای تعیین اجزاء و مشخصات سازه، با عنوان "روش طراحی" نامیده می‌شود. هر چه ضریب اطمینان در طراحی بزرگ‌تر باشد، ایمنی بیش‌تری برای سازه در نظر گرفته می‌شود. از طرفی تأمین ایمنی بیش‌تر با استفاده از ضرائب اطمینان بزرگ‌تر، به ابعاد بزرگ‌تر و استفاده از مصالح بیش‌تر منجر می‌شود که اقتصاد طرح را دچار مشکل می‌کند. به همین جهت معمولاً باید بین تأمین ایمنی و کاهش هزینه‌ها، مصالحه‌ای برقرار نمود؛ بدین صورت که با پذیرش درصد مناسبی به عنوان ریسک قابل قبول، از بالا رفتن بی‌رویه هزینه‌ها جلوگیری کرد. برقراری تعادل مناسب بین ایمنی و اقتصاد، از مشخصات طراحی منظور می‌شود.

An ACI Standard

Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14)

Reported by ACI Committee 318

ACI 318M-14



ASCE STANDARD

ASCE/SEI

7-16

Downloaded from ascelibrary.org by Johns University on 07/26/17. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures





مبحث نهم

مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه

۱۳۹۲



مبحث ششم

مقررات ملی ساختمان

بارهای وارد بر ساختمان

۱۳۹۲

روش تنش مجاز (ASD)^۱ که به نام روش تنش بهره برداری (WSD)^۲ نیز خوانده می‌شود از روش‌های قدیمی طراحی سازه است که تا قبل از سال ۱۹۵۶ میلادی به عنوان تنها روش طراحی سازه‌های بتنی آرمه در آئین‌نامه ACI 318 مطرح بوده و از سال ۱۹۸۳، تحت عنوان روش دیگر طراحی^۳ به ضمیمه آئین‌نامه برده شده است.

2.4 LOAD COMBINATIONS FOR ALLOWABLE STRESS DESIGN

2.4.1 Basic Combinations.

1. D
2. $D + L$
3. $D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
4. $D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5. $D + (0.6W)$
6. $D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
7. $0.6D + 0.6W$

2.4.5 Basic Combinations with Seismic Load Effects. When a structure is subject to seismic load effects, the following load combinations shall be considered in addition to the basic combinations and associated Exceptions in Section 2.4.1.

Where the prescribed seismic load effect, $E = f(E_v, E_h)$ (defined in Section 12.4.2) is combined with the effects of other loads, the following seismic load combinations shall be used:

8. $1.0D + 0.7E_v + 0.7E_h$
9. $1.0D + 0.525E_v + 0.525E_h + 0.75L + 0.75S$
10. $0.6D - 0.7E_v + 0.7E_h$

۴-۳-۲-۶ ترکیب بارها در طراحی به روش تنش مجاز

در طراحی به روش تنش مجاز و یا مقاومت مجاز، بارهای ذکر شده در این مبحث باید در ترکیب بارهای زیر منظور شود؛ و هرکدام که بیشترین اثر نامطلوب را بر روی ساختمان، شالوده یا اعضای سازه‌ای تولید می‌کنند، می‌بایست مد نظر قرار گیرد. اثرات یک یا چند بار که امکان وارد نشدن آن‌ها بر سازه وجود دارد، باید در ترکیب بارها بررسی گردد.

- ۱) D
- ۲) $D+L$
- ۳) $D+(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۴) $D+0.75L+0.75(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۵) $D+[0.6(1.4W) \text{ یا } 0.7E]$
- ۶) $D+0.75L+0.75[0.6(1.4W)]+0.75(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۷) $D+0.75L+0.75(0.7E)+0.75S$
- ۸) $0.6D+0.6(1.4W)$
- ۹) $0.6D+0.7E$
- ۱۰) $1.0D+1.0T$
- ۱۱) $1.0D+0.75[L+(L_r \text{ یا } S)+T]$

۳-۳ روش طراحی مقاومت

روش طراحی مقاومت (SDM)^۱ که به نام روش طراحی مقاومت نهایی^۲ نیز خوانده شده است، ایجاب می‌کند که مقاومت طراحی یک عضو در هر مقطع، مساوی یا بیش‌تر از مقاومت لازم که تحت ترکیبات بار با ضریب محاسبه می‌شود (U)، باشد. یعنی:

$$(U) \text{ مقاومت مورد نیاز } \geq \text{مقاومت طراحی} \quad (۳-۳)$$

در این رابطه مقاومت طراحی با ضرب ضریب کاهش مقاومت (ϕ) در مقاومت اسمی به دست می‌آید.

$$\text{مقاومت اسمی} \times (\phi) \text{ ضریب کاهش مقاومت} = \text{مقاومت طراحی} \quad (۴-۳)$$

Table 21.2.1—Strength reduction factors ϕ

Action or structural element		ϕ	Exceptions
(a)	Moment, axial force, or combined moment and axial force	0.65 to 0.90 in accordance with 21.2.2	Near ends of pre-tensioned members where strands are not fully developed, ϕ shall be in accordance with 21.2.3.
(b)	Shear	0.75	Additional requirements are given in 21.2.4 for structures designed to resist earthquake effects.
(c)	Torsion	0.75	—
(d)	Bearing	0.65	—

2.3 LOAD COMBINATIONS FOR STRENGTH DESIGN

2.3.1 Basic Combinations.

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3. $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5W)$
4. $1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5. $0.9D + 1.0W$

EXCEPTIONS:

1. The load factor on L in combinations 3 and 4 is permitted to equal 0.5 for all occupancies in which L_o in Chapter 4, Table 4.3-1, is less than or equal to 100 psf (4.78 kN/sq m), with the exception of garages or areas occupied as places of public assembly.

2.3.6 Basic Combinations with Seismic Load Effects.

6. $1.2D + E_v + E_h + L + 0.2S$
7. $0.9D - E_v + E_h$

Where the seismic load effect with overstrength, $E_m = f(E_v, E_{mh})$, defined in Section 12.4.3, is combined with the effects of other loads, the following seismic load combination for structures shall be used:

6. $1.2D + E_v + E_{mh} + L + 0.2S$
7. $0.9D - E_v + E_{mh}$

EXCEPTION:

1. The load factor on L in combinations 6 is permitted to equal 0.5 for all occupancies in which L_o in Chapter 4, Table 4.3-1, is less than or equal to 100 psf (4.78 kN/sq m), with the exception of garages or areas occupied as places of public assembly.

۴-۳ طراحی در حالت حدی

روش طراحی در حالات حدی (LSD)^۲ که به نام روش طراحی بر مبنای ضریب بار و مقاومت (LRFD)^۳ نیز خوانده می‌شود، در نیمه قرن بیستم پایه‌گذاری شد و در سال‌های اخیر، مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است؛ به طوری که هم‌اکنون مبنای طراحی در کشورهای اروپایی و نیز در کشور کانادا قرار گرفته است. آئین‌نامه بتن ایران نیز همین روش را مبنای طراحی خود قرار داده است.

طراحی در حالات حدی یک روش طراحی مبتنی بر مفاهیم احتمالات است. احتمال شکست یک سازه را می‌توان با برآورد کم‌تری از مقاومت آن (R)، و تخمین بالاتری از اثرات بار (S)، و اطمینان از اینکه $R \geq S$ است، کاهش داد.

این مفهوم را می‌توان در شکل کلی رابطه (۳-۱۶) بیان کرد.

$$\phi R_n \geq \alpha S_n \quad (۳-۱۶)$$

۹-۱۳-۱۰-۱-۲ برای محاسبه نیروی مقاوم S_r ، مقادیر مقاومت‌های مشخصه بتن و فولاد در ضرایب

ایمنی جزئی به شرح (الف) تا (ج) این بند، ضرب می‌شوند:

الف) ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن در قطعات درجا $\phi_c = 0.165$

ب) ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن در قطعات پیش‌ساخته $\phi_c = 0.17$

ج) ضریب ایمنی جزئی مقاومت فولاد $\phi_s = 0.185$

۶-۲-۳-۲ ترکیب بارهای حالت‌های حدی نهایی در طراحی ساختمان‌های بتن‌آرمه

در طراحی ساختمان‌های بتن‌آرمه، موضوع بحث نهم مقررات ملی ساختمان، از ترکیب بارهای این بند استفاده می‌شود. سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، بزرگ‌تر و یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

- ۱) $1.25D + 1.5L + 1.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۲) $D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.2(W \text{ یا } 0.7E)$
- ۳) $0.85D + 1.2(W \text{ یا } 0.7E)$
- ۴) $1.25D + 1.5L + 1.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.5(H \text{ یا } 0.84F)$
- ۵) $0.85D + 1.5(H \text{ یا } 0.84F)$
- ۶) $D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ یا } S) + T$
- ۷) $1.25D + 1.5T$

۶-۲-۳-۵ ترکیب بارهای حالت‌های حدی بهره‌برداری

برای حالت‌های بهره‌برداری موضوع بند ۶-۳-۱-۲، باید ترکیب بارهای مناسب بارهای مرده، زنده و سایر بارهای مرتبط با توجه به مباحث طراحی مقررات ملی ساختمان و یا سایر آیین‌نامه‌های طراحی مربوطه در نظر گرفته شود. در این ترکیب‌ها از بارهای کوتاه مدت نظیر زلزله طرح، باد، سیل، یخ جوی و ... استفاده نمی‌شود. ترکیب بارهای زیر باید برای حالت‌های بهره‌برداری به کار برده شود. در صورتی که در مباحث طراحی مقررات ملی ساختمان و یا سایر آیین‌نامه‌های طراحی مربوطه پیشنهاد استفاده از ضرایب بار کمتر از یک را در ترکیب بارها داده باشد، باید از آن ضرایب به جای یک در ترکیب بارهای زیر استفاده گردد.

- ۱) D
- ۲) $D + L$
- ۳) $D + (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۴) $D + L + (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۵) $D + T$
- ۶) $D + L + T + (L_r \text{ یا } S)$