

フィリピンと日本の構造基準の比較に関する基礎的研究
その6 オーバーストレングス・ファクターの定義と適用

構造基準の比較	余裕耐力	オーバーストレングス	正会員	○松崎志津子 8*	正会員	佐久間順三 2*
地震荷重	非連続部材	オーバーストレングスファクター	正会員	芝沼健太 2*	正会員	石山祐二 3*
			正会員	加藤秀弥 4*	正会員	岡本隆之輔 5*
			正会員	清水豊和 6*	正会員	城攻 3*
			正会員	白川和司 7*	正会員	楢府龍雄 1*
			正会員	関松太郎 9*	正会員	保坂公人 10*
			正会員	北茂紀 11*	正会員	金田恵子 8*

1. 目的と概要

その5において、フィリピンの構造設計上の重要な概念である余裕耐力（英語で、overstrength。設計用荷重（靱性を考慮して建物に働く地震力を低減した値）による構造設計のポイントを、地震力が越えた場合に期待できる水平方向の耐力の追加的な部分）の考え方の概要と、想定建物（5階建てのRCフレーム構造。その1参照）に関する余裕耐力の算出事例の紹介を行った。本稿では、余裕耐力に関連して定義されたオーバーストレングス・ファクターが、フィリピン構造基準において、非連続的な構造部材による構造体全体へ影響に対して、より高い安全性を確保すべき特定の部材に適用すべき係数として、定義、適用されていることを、基準の規定に追いつながら明らかにする。併せて、この安全確保の係数の扱い方の背景となっている考え方と、日本の基準における類似の場合の安全性の確保の方法についても考察する。

2. オーバーストレングス・ファクターの定義

余裕耐力に関する係数である Ω_0 は、フィリピン構造基準（NSCP2010）208.3 Symbols and Notationにおいて、「構造上の余裕耐力を説明するために必要とされ、表208-11

において設定される、地震力を増幅させる係数」と定義されている。表208-11は、表1のとおり、壁構造、フレーム構造などの各種構造タイプ毎に、Rファクター、地震地域係数の区別の建物高さ制限と合わせて、 Ω_0 の値が一覧表の形で表記されている。ちなみに、コンクリート構造の場合は、最小が2.0、最大が2.8となっている。

3. オーバーストレングス・ファクターの適用に関する構造基準における規定

(1) 荷重計算

Ω_0 の荷重計算への適用について、208.5.1地震荷重及びモデル化の要件において下式のとおり記述されている。

$$E = \rho E_h + E_v \quad 208-1 \text{ 式}$$

$$E_m = \Omega_0 E_h \quad 208-2 \text{ 式}$$

ここで、 E は地震荷重、 E_h は、208.5.2により設定されるベースシヤ（ V ）による地震荷重（水平力）、 E_v は地震動の鉛直成分による地震荷重、 ρ は信頼/余裕係数（Reliability/Redundancy Factor）である。 E_m は、「208.5.1.1(地震荷重に関する条)により設定される、想定される最大の地震力であり、この基準において特定の指定される構造部材の設計に用いられる」と説明されている。

E_m の適用方法については、203.5 特別な地震荷重の組み合わせに記述されている。即ち、指定された場合について、荷重の組み合わせの中の地震荷重が含まれるもの（本研究その7 4(a)荷重・耐力係数設計（LRFD）用組合せの、(5)と(7)の組合せ）に対して下記のように使うこととされている。

表1 フィリピン構造基準の表208-11A（一部） 構造タイプ別のRファクター、 Ω_0 などの一覧表

Basic Seismic-Force Resisting System	R	Ω_0	System Limitation and Building Height Limitation by Seismic Zone, m	
			Zone 2	Zone 4
A. Bearing Wall Systems				
• Special reinforced concrete shear walls	4.5	2.8	NL	50
• Ordinary reinforced concrete shear walls	4.5	2.8	NL	NP
B. Building Frame Systems				
• Special reinforced concrete shear walls or braced frames	5.5	2.8	NL	75
• Ordinary reinforced concrete shear walls or braced frames	5.6	2.2	NL	NP
• Intermediate precast shear walls or braced frames	5.5	2.8		
C. Moment-Resisting Frame Systems				
• Special reinforced concrete moment frames	8.5	2.8	NL	NL
• Intermediate reinforced concrete moment frames	5.5	2.8	NL	NP
• Ordinary reinforced concrete moment frames	3.5	2.8	NL	NP

Basic Study on Comparison of Structural Codes of the Philippines and Japan Part 1 Components Consisting Requirements for Seismic Resilience, its Structure and Outlines of Each Components

Tatsuo NARAFU, Junzo SAKUMA, 00000 SHIBANUMA, Yuji ISHIYAMA, Hideya KATO, Ryunosuke OKAMOTO, Toyokazu SHIMIZU, Mamoru JOH. Kazushi SHIRAKAWA, Shizuko MATSUZAKI, Matsutaro SEKI, Hiroto HOSAKA, Shigenori KITA, Keiko Sakoda KANEDA

$$1.2D + f_1 L + 1.0E_m \quad 203-19 \text{ 式}$$

$$0.9D \pm 1.0E_m \quad 203-20 \text{ 式}$$

(2) 適用対象

上記の荷重の組み合わせは、208.5.8.11 において「表 208-9 のタイプ 4 の鉛直方法の不規則性 (irregularity)、表 208-10 のタイプ 4 の水平方向の不規則性の場合のように、水平力に耐える構造体系の一部が不連続的な (discontinuous) 場合」に適用することとされている。ここで、表 208-9 は、5 タイプの鉛直方向の不規則性を表示しており、そのうちのタイプ 4 は、「耐震性能を有する鉛直部材の不規則性による面内の非連続性：地震力支持部材の面内のずれ (offset) が、その部材の長さを超える場合」、表 208-10 も同様に 5 タイプの水平方向の不規則性を表示し、そのうちのタイプ 4 は、「面外方向にずれる (offset) 不規則性：鉛直部材が支持する地震力の面外方向へのずれのような、水平力 (地震力) の伝達経路の不連続」と記述されている。

4. 耐震構造設計マニュアルにおける適用事例

フィリピン構造基準を作成しているフィリピン構造技術者協会 (ASEP Association of Structural Engineers of the Philippines) は、耐震構造設計マニュアル¹⁾を出版しており、その中で Ω_0 を適用すべきケースと適用すべき部材の事例を 5 例示している。そのうちの 2 例を示す。図 1 は、耐震壁が 1 階部分で 2 つのスパンで無くなっており、その部分が負担すべき荷重を分担する柱に Ω_0 及を適用すべきとしている。また、図 2 では、1 面の壁の 1 階部分の耐震壁が無くなっており、それにより水平方向についての不規則性に該当している。このため、2 本の柱に Ω_0 を適用するとともに、水平力を隣接の耐震壁に伝えることになるスラブには耐震壁と同様の仕様規定を満たすことが必要であるとしている。

5. オーバーストレングス・ファクター適用に関する考察

前述のように Ω_0 の適用は、部材単位となっている。これは、フィリピンの耐震性の考え方が、弾性限界を超え

た荷重が作用した場合、耐震性能を有する数多くの部材が順次塑性化していくプロセスの中で、塑性化が危険な破壊モードを招くおそれのある特定の部材の塑性化を、他の部材より大きな耐力を持たせることにより、その順序を遅らせようとする考え方に基づくと考えられる²⁾。一方、日本の基準におけるこうした鉛直方向、水平方向の不規則性への対応としては、剛性率に応じて設定される F_s 値と、偏心率に応じて設定される F_e 値がある。

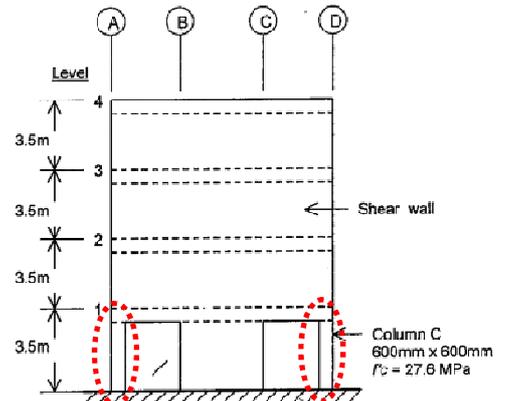


図1 オーバーストレングス・ファクターの適用事例 (1)

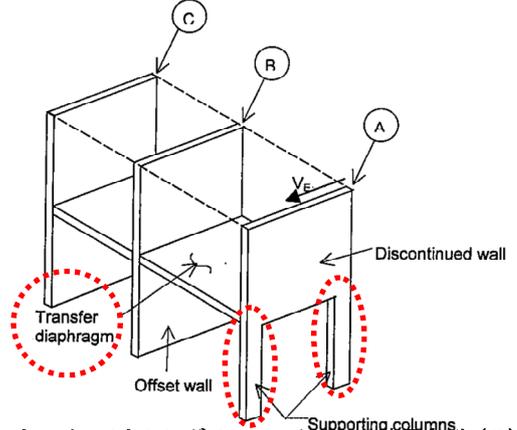


図2 オーバーストレングス・ファクターの適用事例 (2)

補注

- 1) ASEP Earthquake Design Manual Volume 1 Code Provisions for lateral Forces First Edition
- 2) Overstrength Factors for Seismic Design of Steel Structures, University of Canterbury

*1 独立行政法人国際協力機構 (JICA)

*2 設計工房佐久間

*3 北海道大学名誉教授

*4 建築住宅国際機構

*5 榊山下設計

*6 一般社団法人公共建築協会専門委員、五洋建設(株)

*7 一般社団法人公共建築協会

*8 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会

*9 独立行政法人建築研究所

*10 五十音設計(株)

*11 北茂紀建築構造事務所

*1 Japan International Cooperation Agency (JICA)

*2 Sakuma Architect's Atelier

*3 Professor Emeritus, Hokkaido University

*4 Institute of International Harmonization for Building and Housing (IIBH)

*5 Yamashita Sekkei Incorporation

*6 Public Building Association, Penta-Ocean Construction Co.,LTD

*7 Public Building Association

*8 Ex-Volunteers Association for Architects (EVAA)

*9 Building Research Institute (BRI)

*10 Isono Sekkei Incorporation

*11 Kita Shigenori Structural Design Office