

構造研究グループ

- 1 建築耐震基準の日米相互比較

Comparison between U.S. and Japanese Seismic Design Codes and Provisions

(研究期間 平成14～16年度)

研究専門役

緑川光正

Research Coordinator of Building Technology

Mitsumasa Midorikawa

This paper presents the results of the comparison between the U.S. and Japanese seismic design codes and provisions. Recently, the seismic design codes in U.S. and Japan have been revised in seismic design force nonlinear dynamic procedures. The comparison of the spectral response acceleration as the seismic design force and dynamic procedures between U.S. and Japan are presented, then the structural provisions on steel construction are briefly introduced.

【研究目的及び経過】

建築耐震基準は、地震被害軽減に対するその国の技術水準を表す一つの指標である。長年にわたる我国の耐震工学研究の成果の集大成である耐震基準は、世界の最先端に位置する。一方、世界では、国を超えた統一耐震基準整備への動きが出てきている。建築に係わる活動の変革を伴いつつあるこの流れの中で、我国としても、耐震基準に関する情報を積極的に世界に発信していく必要がある。

本研究では、世界各国の建築耐震基準への影響力が特に大きい米国IBC(International Building Code)耐震基準^{1),2)}を取り上げ、この基準の基本的考え方と具体的な諸規定を抽出し、それらに対応する日本の建築耐震基準とどのような関係にあるかを相互比較して分析する。

本研究により、日米の建築耐震基準の相違点が明確に認識され、我国が技術上対応すべきことが明らかにされることが期待される。

【研究内容】 研究対象とする米国IBC耐震基準は、米国内で使われてきた3つの建築基準(UBC: Uniform Building Code, NBC: National Building Code, SBC: Standard Building Code)を統一して2000年に始めて作られたIBC建築基準に含まれている。また、我国の建築耐震基準も2000年に大幅改定された。

従って、IBC耐震基準の内容は未だ十分に分析されていない上に、それらに対応する我国の建築耐震基準³⁾とどのような関係にあるかについても十分に検討されていない。

本研究では、米国IBC耐震基準^{1),2)}を対象とし、その基本的考え方と具体的な諸規定を抽出し、それらに対応する日本の建築耐震基準とどのような関係にあるかを相互比較する。最後に、本研究の成果を、日米建築耐震基準の対照表として提示する。

【研究結果】

米国では、地震ハザード地図プロジェクト(USGS National Seismic Hazard Mapping Project)で作成された地図の成果を取り入れて耐震設計用マップが作成され、IBC耐震基準に取り入れられた。従って、設計用地震荷重に活断層情報が反映されている。一方、我が国では活断層情報は直接には反映されていない。設計用地震荷重について、文献4)から引用して加筆修正した日米の比較を表1に示す。

鉄骨造に関して、IBC耐震基準では基本的に梁降伏先行型で設計することが規定されているが、日本ではそのような規定はない。鉄骨造に係わる項目として、鋼材の特性、溶接の特性、溶接柱梁接合部に要求される塑性変形能力、柱梁接合部の詳細設計、柱脚の設計、信頼性設計手順と各種規定などが比較されている⁵⁾⁻⁸⁾。鉄骨造に関する基準の日米比較の抜粋を表2^{1),2),3),7)}と表3⁵⁾に示す。

表1 設計用地震荷重^{1),2),3),4)}

	米国	日本
地震荷重レベル	50年超過確率2%の地震荷重に対し建物が崩壊しないことを目標とし、設計用地震荷重として西海岸では50年超過確率10%、中部・東海岸では50年超過確率5%程度の地震荷重を静的解析及び動的解析による耐震設計に用い、建築構造物の耐震性能を確認する。活断層に近い地域では日本の設計用地震荷重よりかなり大きくなる。また中央・東海岸における地震荷重は西海岸における設計用地震荷重の15～65%程度になる。	米国西海岸における設計用地震荷重の大きさは日本の「極めて稀れに発生する地震動」と同程度である。なお、米国と異なり活断層に近い地域における設計用地震荷重の割り増しはない。

最大応答値	塑性化後の最大応答時の層間変形を静的解析から推定し、構造種別及び Seismic Use Group 毎に 1/100 ~ 1/40 を許容値とする。静的解析により得られた変形量に対し、構造システム別に係数を乗じて推定する方法 (UBC1997、IBC2003)、復元力特性を考慮した係数を用いる変位係数法 (DCM)、建物を 1 質点系にモデル化し塑性化後の有効減衰から最大応答値を求める Capacity Spectrum Method 等が用いられる。	建物を 1 質点系にモデル化し塑性履歴を考慮した有効減衰から最大応答値を求める限界耐力計算 (Capacity Spectrum Method と同等) が用いられる。
高層建物	時刻歴弾塑性応答解析や Peer Review が標準化されておらず、従ってこれらが普及していない。	高層建物に対して性能評価審査が義務付けられており、標準的な地震動作成方法やレベル、解析方法や設計クライテリアが整備され、時刻歴弾塑性応答解析により性能が検証される。
時刻歴解析の設計クライテリア	日本では時刻歴応答解析に対して 2 段階の地震荷重を設定している。各段階の設計クライテリアと、米国の終局強度型設計及び性能規定型設計方法におけるクライテリアを比較すると、耐震性能目標は同程度であるが、日本の極めて稀に発生する地震動による層間変形角に対するクライテリアが厳しい。	日本では時刻歴応答解析に対して 2 段階の地震荷重を設定している。各段階の設計クライテリアと、米国の終局強度型設計及び性能規定型設計方法におけるクライテリアを比較すると、耐震性能目標は同程度であるが、日本の極めて稀に発生する地震動による層間変形角に対するクライテリアが厳しい。
入力地震動	時刻歴応答解析を行う場合の地震動は、マグニチュードと断層からの距離などが同等な観測波を基準としている。	模擬地震動や入力レベルを調節した代表的観測記録地震動を基準としている。
動的解析	線形応答スペクトル法が一般的である。動的解析の適用条件は、建物高さ、剛性、偏心、地盤等に対して細かい条件を与えている。	時刻歴弾塑性応答解析が用いられる。動的解析の適用条件は、主として建物高さによる。

表 2 設計用材料強度^{1) 2) 3) 7)}

	日本(ルート 2・2 次)	米国(ASD)
鋼材	Fy (Fy: 降伏点)	0.33Fu (Fu: 引張強さ)
コンクリート	Fc (Fc: 圧縮強度)	0.75Fy 0.35 ~ 0.7Fc

表 3 溶接材料と溶接条件⁵⁾

		溶接ワイヤ		降伏 (N/mm ²)	引張 (N/mm ²)	伸び (%)	シャルピー値 (J())
		日本	YGW11	規格	390	490	22.0
溶接ワイヤ	日本	YGW11	実況	450	572	31.0	157(0)
			規格	400	482	22.0	27(-29)
	米国	E70T-6	実況	492	603	19.6	31(-29)
			規格	400	482	20.0	-
入熱等	米国	E70TG-K2	実況	481	599	25.0	78(0)
			規格	400	482	20.0	-
入熱等	日本	入熱 (kJ/cm)		パス間温度 ()			
		40		350			
		11.8 ~ 31.5		288			

【参考文献】

- IBC2000: International Building Code 2000, International Code Council, Country Club Hills, IL, 2000
- IBC2003: International Building Code 2003, International Code Council, 2003
- 国土交通省住宅局建築指導課他編集：建築物の構造関係技術基準解説書 2001 年版、工学図書、2001.3
- 加登美喜子、日高彰宏、中島正愛：耐震設計規定と耐震性能評価の実践に関する日米比較、鋼構造論文集、日本鋼構造協会、Vol. 12、No. 45、pp. 71-86、2005.3
- 浅井秀克、吹田啓一郎：耐震部材の溶接接合に関わる材料と関連規定の日米比較、日本地震工学会・大会 2003 梗概集、pp. 40-41、2003.11
- 髙橋祐治、岡崎太郎：フランジ溶接・ウェブ高力ボルト接合による柱梁接合部の日米比較、日本地震工学会・大会 2003 梗概集、pp. 42-43、2003.11
- 日高桃子、加登美喜子：鉄骨柱脚設計に関する日米比較、日本地震工学会・大会 2003 梗概集、pp. 44-45、2003.11
- 日高彰宏：米国における鋼構造の性能規定型設計ガイドラインと接合部変形能力の統計的性質、日本地震工学会・大会 2003 梗概集、pp. 46-47、2003.11