T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	高強度鋼と従来鋼を用いた極大地震に対する鋼構造建物の高耐震化
Title	
著者(和文)	高山洋平, 野村尚史, 佐藤大樹, 北村春幸, 藤澤一善
Authors	Naoshi Nomura, daiki sato, Haruyuki Kitamura, Kazuyosi Fujisawa
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 855-856
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 855-856
発行日 / Pub. date	2013, 8
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf:http://ci.nii.ac.jp/naid/110009682794

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

Architectural Institute of Japan

21428

日本建築学会大会学術講演梗概集
（北海道） 2013 年 8 月

高強度鋼と従来鋼を用いた極大地震に対する鋼構造建物の高耐震化

H-SA700　上町断層帯地震　高耐震化
履歴減衰型ダンパー　時刻歴応答解析　中低層建物

正会員　○高山洋平*　同　野村尚史**　同　佐藤大樹**
同　北村春幸**　同　藤澤一善***

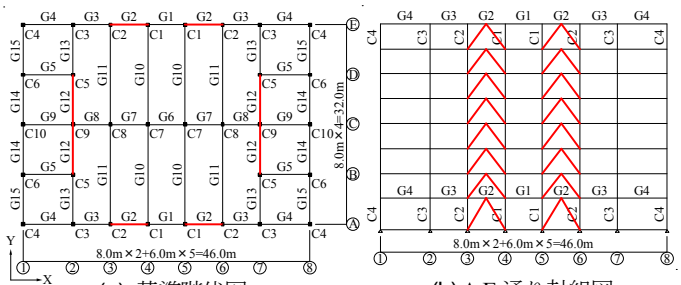
1. はじめに

地球環境問題の深刻化により，巨大地震後も建物機能を維持し継続使用が可能となる長寿命建築物が求められている。それに対し，建築構造用高強度鋼材 H-SA700 を用いた主架構に履歴減衰型ダンパーを付与することで，震度 7 クラスの巨大地震に対し主架構を弾性に保つ新構造建築物の研究開発がなされている [1), 2)]。H-SA700 は 400~590N 鋼(以降，従来鋼と呼ぶ)と比べ大きな降伏耐力を有するが，降伏比の上限値が 98%であることから，弾性範囲での使用を前提としている。一方，上町断層帯地震 [3)]のような，これまでの想定を上回る極大地震の発生が懸念されており，H-SA700 を用いた建物においても H-SA700 の降伏耐力を上回る可能性がある。そこで，本報では主架構に H-SA700 と従来鋼を組み合わせて用いることで極大地震に対し従来鋼を用いた梁のみの塑性化を許容した高耐震化モデルを示す。

2. 検討対象モデル及び入力地震動の概要

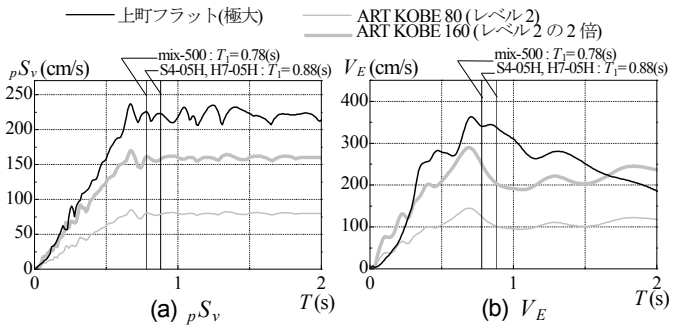
図 1 に検討対象建物の基準階伏図と軸組図を示し，図 2 に検討用入力地震動の擬似速度応答スペクトル $_pS_v$ 及びエネルギースペクトル V_E を示す。検討建物は，地上 8 階，高さ 33 m の鋼構造建物とする。検討用入力地震動は，JMA KOBE を位相とする告示波(ART KOBE 80)とその 2 倍のレベルの ART KOBE 160 波，極大地震として大阪府域直下を震源として想定した上町断層帯地震動 [3)]のうち，コーナ周期以上で $_pS_v$ が最大の 240 cm/s^2 となる UMTA4_C1EW2[3)](上町フラットと呼ぶ)を用いる。図 2 より上町フラットは $_pS_v$ 及び V_E がレベル 2 地震動の約 3 倍の大きさの地震動である。図 1 に示す X 方向を対象として時刻歴応答解析を行った。

解析モデルは，主架構全てに SN400 を用いて，幅厚比を FA，柱梁耐力比を 1.5 以上とし，標準せん断力係数 C_0= 0.2 の地震荷重に対して部材断面を許容応力度設計した S4-05H モデル [2)](建物重量 78,009kN)と，S4-05H モデルと同じ部材断面で主架構全てに H-SA700 を用いた H7-05H モデル [2)]を用いる。高耐震化モデルとして，極大地震時に塑性化が避けられない梁には従来鋼を用い，柱には H-SA700 を用い，柱成を 500mm 以下に小さくして水平変形を大きく負担させ，梁の損傷を最小限に留めるよう主架構を設計した mix-500 モデル(建物重量 79,772kN)を用いる。図 3 に高耐震化モデルの A 構面における各部材に用いた鋼材の設計基準強度を示す。図 4,5 に mix-500 モデルの A 構成面 2 通りの C3 柱上の各接点における柱梁変形分担率及び耐力比の高さ方向分布を示す。変形分担率は堀井ら [5)]により，柱梁接合部における水平荷重時の層間変形に対する柱・梁に生じる曲げ変形の割合($_cr_b$, $_Gr_b$)及びせん断変形の割合($_cr_s$, $_Gr_s$)と



(a) 基準階伏図　(b) A,E 通り軸組図

図 1　対象建物の基準階伏図と軸組図　ダンパー設置位置



(a) $_pS_v$　(b) V_E

図 2 検討用入力地震動のスペクトル

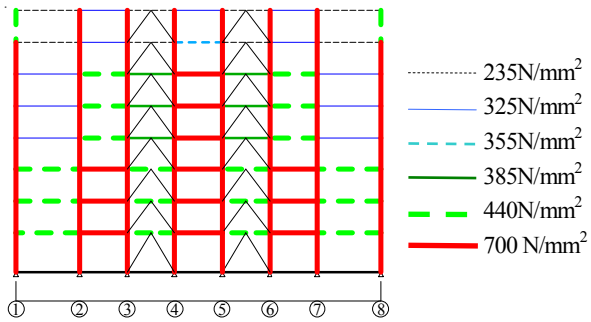


図 3 mix-500 A 構面の使用鋼材の基準強度

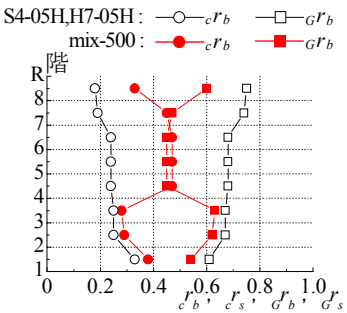


図 4 柱梁変形分担率の比較

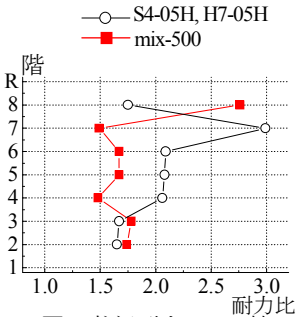


図 5 柱梁耐力比の比較

して定義されている。図 4 より，mix-500 モデルは S4-05H モデル及び H7-05H モデルと比べ全ての層で $_cr_b$ が増大し H-SA700 に変形を大きく負担させていることが分かる。次に，

High-seismic performance steel structure assuming extreme earthquake by using high and normal strength steel.
Yohei Takayama, Naoshi Nomura, Daiki Sato
Haruyuki Kitamura, Kazuyoshi Fujisawa

NII-Electronic Library Service

図 5 より mix-500 モデルは S5-05H モデル及び H7-05H モデルと比べ主に上層部で柱梁耐力比が減少しているが，1.5 を下回らないようにしている。このことから，mix-500 モデルは柱断面を小さくして柱(H-SA700)に大きな変形を負担させる一方で，極大地震時においても塑性変形能力に優れた従来鋼を用いた梁端部で塑性化させる安全性の高いモデルとなっていることが確認できる。また，mix-500 モデルは 4 層以上で ${}_c r_b$ が 0.5 程度あるのに対し，3 層以下の低層部では ${}_c r_b$ が 0.3~0.4 程度に減少している。これは，地震時に応力の集中する低層部では G3 梁に H-SA700 を用いることになり，柱梁耐力比を確保するため，上層部と比べて柱断面を大きくしたためである。

図 6 に mix-500 モデル(鋼材重量 13,531kN)の柱，梁部材や全体について全鋼材重量に対する H-SA700 の重量割合を示す。図 6 より，mix-500 モデルの梁では 24%を，鋼材重量全体では 61%を H-SA700 を採用している。部材断面と鋼材強度の異なるモデルの経済性を表す指標として，各モデルで使用する鋼材強度をその鋼材の重量で平均化した基準化強度 $\overline{F_m}$ [2)]を用いる。図 7 には各モデルの $\overline{F_m}$ を示す。図 7 より，mix-500 モデルは，$\overline{F_m}$ が H7-05H モデルの約 84%となっていることから，H7-05H モデルと比べ経済性に優れたモデルであると言える。

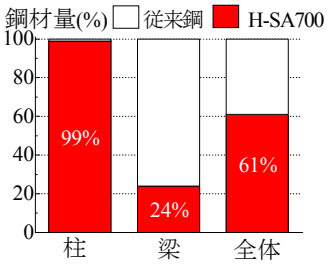


図 6 mix-500 における H-SA700 の重量割合

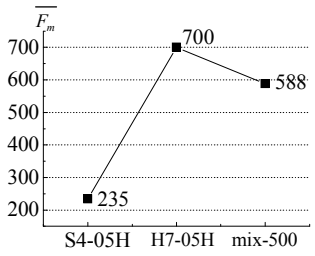


図 7 解析モデルごとの $\overline{F_m}$ の比較

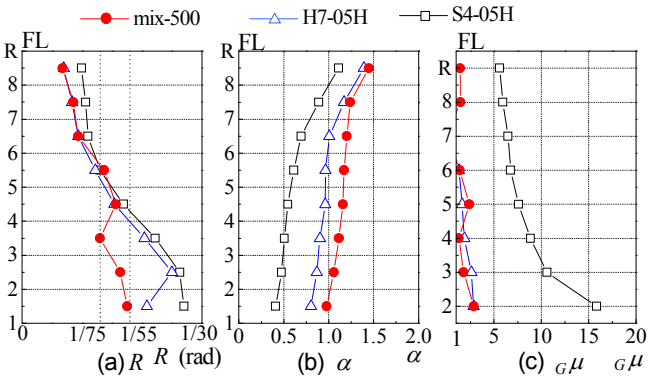


図 8 極大地震に対する応答値の高さ方向分布

3. 極大地震に対する時刻歴応答解析結果

図 8 に上町フラットを入力地震動とする時刻歴応答解析による各層の最大層間変形角 R (rad)，最大層せん断力係数α，梁の最大塑性率 ${}_G\mu$の高さ方向分布を示す。また、表1に上町フラットに対する最大層間変形角 R_{max}，従来鋼及び H-SA700 を用いた梁の最大塑性率 ${}_G\mu_{max}$及び累積塑性変形倍率 ${}_G\eta_{max}$，ダンパーの最大塑性率 ${}_d\mu_{max}$に関する目標性能と最大応答値を示す。上町フラットに対しては，H-SA700 も塑性化することを容認しており，H-SA700 を用いた柱梁接合部の繰り返し載荷実験 [6)] で示されている塑性変形性状より H-SA700 の ${}_G\mu_{max}$, ${}_G\eta_{max}$ の目標性能を設定している。図8の横軸の ${}_G\mu$ は塑性範囲に着目して20までの範囲として，その値は各層で最大値を示す梁の ${}_G\mu$を示す。mix-500 モデルは全ての層で従来鋼を用いた梁が最大の ${}_G\mu$を示した。図 8(a)より，上町フラットに対し S4-05H モデルと H7-05H モデルは低層部で層間変形角 R が増大し，目標性能である 1/55(rad)を上回ったが，mix-500 モデルは目標性能を満足している。これは，mix-500 モデルは 3 層以下の梁の断面を大きくしたことにより，他のモデルと比べ層剛性が増した為と考えられる。その結果，図 8(b)に示すように mix-500 モデルは他のモデルと比べ，大きな層せん断力係数αになっている。図 8(c)と表 1 より，上町フラットに対し S4-05H モデルは梁部材が ${}_G\mu$=15.8，${}_G\eta$=56.0と大きく塑性化し目標性能を満足できなかった。また，H7-05H モデルは H-SA700 を用いた梁の ${}_G\mu$＝2.8 が目標性能を超えたのに対し，mix-500 モデルは H-SA700 を用いた梁の ${}_G\mu$＝1.9，${}_G\eta$=0.9が目標性能を満足している。また，表 1 より mix-500 モデルはダンパーの塑性率 ${}_d\mu$＝10.7 が目標性能を満足し，主架構及びダンパーの全ての目標性能を満足することができた。

表 1 極大地震に対する最大応答値の比較

	R_{max} (rad)	従来鋼		H-SA700		ダンパー
		${}_G\mu_{max}$	${}_G\eta_{max}$	${}_G\mu_{max}$	${}_G\eta_{max}$	${}_d\mu_{max}$
目標性能	1/55	3.0	15.0	2.0	3.0	11.0
S4-05H	1/37	15.8	56.0	–	–	20.2
H7-05H	1/40	–	–	2.8	1.8	15.4
mix-500	1/57	2.8	3.2	1.9	0.9	10.7

4. おわりに

主に柱に H-SA700 を梁に適切な強度の従来鋼を用いることで，想定を上回る極大地震時に対しても主架構の層間変形角と鋼材の塑性率及び累積塑性変形倍率を規定した目標性能を満足する高耐震化モデル mix-500 を示した。mix-500 モデルは柱梁耐力比 1.5 以上を確保した上で，H-SA700 の柱断面を小さくして柱に大きな変形を負担させ，従来鋼を用いた梁端部で塑性化の程度を抑制する安全性の高い主架構となっている。上町フラットに対する時刻歴応答解析により，mix-500 モデルは主架構及びダンパーに関する全ての目標性能を満足することができた。

謝辞
本研究は「日本鉄鋼連盟　鋼構造研究・教育助成金事業」による研究助成を受けたものであり，上町断層帯地震動は「大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動及び設計法に関する研究会」から提供を受けたものである。ここに深く感謝の意を示す。

参考文献

1) 府省連携　革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発プロジェクト:新構造システム建築物設計施工指針（案），新都市ハウジング協会，日本鉄鋼連盟，日本鋼構造協会，2009.3
2) 野村尚史，佐藤大樹，北村春幸，藤沢一善:建築構造用高強度鋼 H-SA700 と制振部材を組み合わせた高耐震化中低層建物の応答性状，構造工学論文集，Vol.58B，pp.179-187，2012.3
3) 大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動及び設計法に関する研究会:大阪府域内陸直下型地震動に対する建築設計用地震動および耐震設計指針(その 1 上町断層帯地震に対する大阪市域編)，2011.7
4) 鈴木康正，田中直樹，竹中啓之，佐々木聡:超高強度鋼を用いた柱梁接合部実験(その 4：ボックス柱—H 型梁接合部実験)，日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)，C-1，pp1009-1010，2008.9
5) 堀井昌博，和田章:建築設計のためのメモランダム 6，ラーメン架構の変形特性とその要因，株式会社建築技術，建築技術，pp.159-173，1980.8

*東京大学（元東京理科大学）　**東京理科大学　***JFE スチール(株)
*University of Tokyo　**Tokyo University of Science　***JFE Steel Corporation

NII-Electronic Library Service