T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	H-SA700を用いた中低層建物における存在応力を考慮した適切な鋼材の選定
Title	
著者(和文)	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. 895-896
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 895-896
発行日 / Pub. date	2012, 9
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/110009654825

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

Architectural Institute of Japan

21448

日本建築学会大会学術講演梗概集
（東海） 2012 年 9 月

H-SA700 を用いた中低層建物における存在応力を考慮した適切な鋼材の選定

正会員 ○野村尚史[*1] 佐藤大樹[*1]
北村春幸[*1] 藤澤一善[*2]

H-SA700 高耐震化 中低層建物
履歴減衰型ダンパー 時刻歴応答解析

1. はじめに

平成 16~20 年度の新構造システム建築物に関する府省連携プロジェクト[1)]では，建築構造用高強度 780 N/mm^2 鋼材 H-SA700[2)]と履歴型ダンパーを組合せることで，大地震に対しても主架構弾性となる建築物の開発が行われた。

既往の研究[3)]では，研究の初期段階として主架構全てに SN400 及び H-SA700 を用いた建物の応答性状を比較した。H-SA700 と座屈拘束ブレースを組合せることで，SN400 を用いた場合と比較して鋼材重量を低減でき，レベル 2 の 2 倍の地震動に対しても主架構は弾性となることを確認した。しかし，鋼材量の低減に伴う主架構剛性の低下により，ダンパー効率が低下し変形が低減しにくくなったこと，応力に余裕がある部材があったこと等の課題が見つかった。

本報では，文献 3 において作成した H-SA700 を用いて主架構剛性が最も大きい解析モデルを基に，存在応力の大きさにより鋼材強度を低減させることで適切な鋼材を選定することを目的とした検討を行う。具体的には，鋼材の基準強度と鋼材重量を指標とした検討や時刻歴応答解析による検討から，経済性を考慮して効率的に H-SA700 を設計に用いるための意見を示す。

2. 検討対象建物･ダンパー諸元及び入力地震動の概要

検討対象建物の基準階伏図と軸組図を図 1 に示す。検討対象建物は，地上 8 階，高さ 33 m の鋼構造建物とし，解析には 3 次元部材レベルモデルを用いる。スラブの合成効果は梁の曲げ剛性のみ考慮し，減衰定数は主架構の 1 次固有周期 $_fT_1$ に対して $h=2\%$ となる剛性比例型とした。

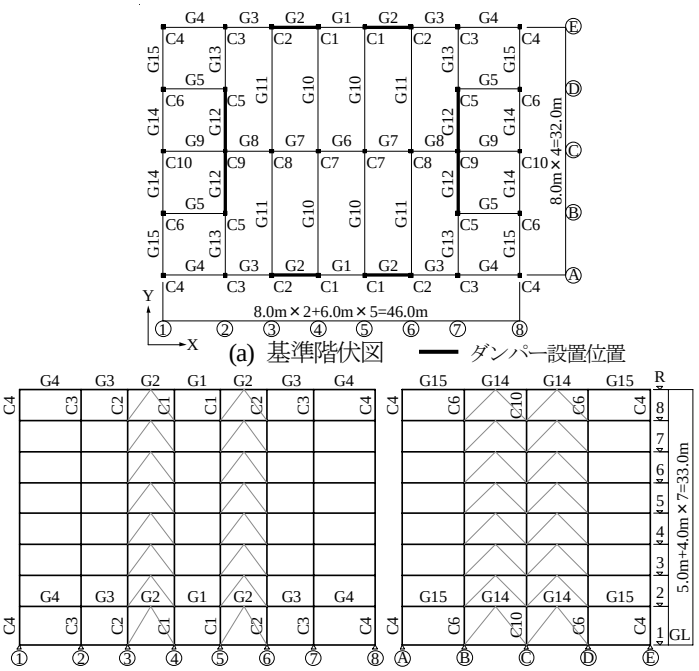
ダンパーは軸材に LY225 を用いた座屈拘束ブレースを用いる。1 層部分のダンパーの降伏層せん断力係数 $_d\alpha_{y1}$ を与えた場合，1 層部分のダンパーの塑性化部断面積 $_dA_{p1}$ は以下の式で求められる。

$$ {}_dQ_{y1} = {}_d\alpha_{y1}\cdot\sum_{i=1}^{N} m_i g \ ,\ \ {}_dN_{y1} = \frac{{}_dQ_{y1}}{8\cos\theta_1},\ \ {}_dA_1 = \frac{{}_dN_{y1}}{{}_d\sigma_y} \quad \text{(1a~c)} $$

ここで，$_dQ_{y1}$：1 層部分のダンパーの降伏層せん断力，N：全層数，m_i：質量，g：重力加速度，$_dN_{y1}$：ダンパーの降伏軸力，θ_1：ダンパーの取付け角度，$_d\sigma_y$：ダンパーの降伏応力度（= 225 N/mm^2）である。なお，各層のダンパーの降伏層せん断力 $_dQ_{yi}$ は $_dQ_{y1}$ と同じ値としている。また，ダンパーの塑性化部長さ L_{pi} を柱・梁芯間長さ L_i の 1/4 としているので，ダンパーの軸方向の初期剛性 $_d\hat{k}_i$ は $_dA_i$ を用いて次式で求められる。

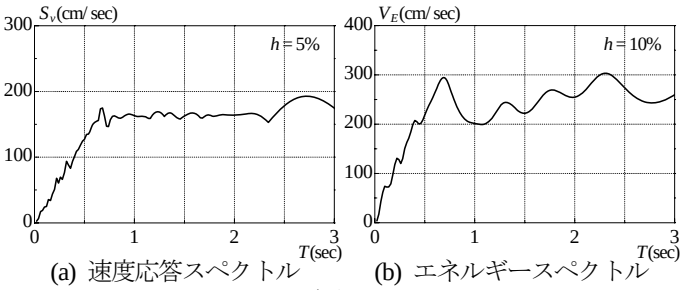
$$ {}_d\hat{k}_i = \frac{{}_sE\cdot{}_dA_i}{0.25L_i} \quad (2) $$

ここで，$_sE$：鋼材の弾性係数である。なお，ダンパーの履歴形状は完全弾塑性で定義している。



(a) 基準階伏図 (b) A,E 通り軸組図 (c) 2,7 通り軸組図

図 1 対象建物の基準階伏図と軸組図



(a) 速度応答スペクトル (b) エネルギースペクトル

図 2 地震動のスペクトル

図 2 に地震動のスペクトルを示す。本報では，兵庫県南部地震における観測波 JMA KOBE 1995 NS を位相特性として，告示スペクトルに一致するように作成された模擬波 ART KOBE（コーナー周期 T_c≧0.64 sec で S_v が 160 cm/sec で一定，以降 ART KOBE 160）をレベル 2 の 2 倍の地震動として採用する。

3. 解析モデルの作成と時刻歴応答解析結果

本報で用いる解析モデルの部材断面は SN400 を用い，幅厚比を FA，柱梁耐力比の下限値を 1.5 として，標準せん断力係数 C_0 = 0.2 に対して許容応力度設計を行うことで決定した[3)]。これを使用鋼材 SN400 と 1 次固有周期 $_fT_1$ = 0.05H から，S4-05H と表記する。部材断面は変更せずに使用鋼材を H-SA700 とした解析モデルを H7-05H と表記し，本報ではこれを基に検討する。採用ダンパー量は，入力地震動を ART KOBE 160 として $_d\alpha_{y1}$ を変化させたパラメータスタディより，梁の最大曲げ応力度と最大層間変形角が極小値となった $_d\alpha_{y1}$ = 0.10 とする。

Selection of Appropriate Steel Considered the Exsisting Stees in Low and Medium-rise Steel Structure Using H-SA700

Naoshi Nomura, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura, Kazuyoshi Fujisawa

NII-Electronic Library Service

本報では，表 1 に示す鋼材を用いて鋼材強度を低減させた解析モデルを作成する。$F_{(j)}$は降伏点の下限値 [4]とし，j は本報で設定した。図 3 に，鋼材強度を低減させた解析モデルの作成フローを示す。STEP 1 での各部材の応力度は，梁：曲げ応力度，柱：曲げと軸力の組合せ応力度とする。応力度の傾向としては，梁は最大で 440～700 N/mm^2，柱は最大で 325～355 N/mm^2 となり，柱の応力に余裕があることが確認できた。STEP 2 として，部材応力度は使用鋼材の基準強度以下であればよいとし，適切な鋼材を選定する。しかし，応力度の結果のみで鋼材強度を低減させると，上記の結果から梁に対して柱の鋼材強度が低減し，柱梁耐力比の最小値が 0.6 程度となった。そこで STEP 3 として，柱梁耐力比 1.5 以上を満足させるため柱の鋼材強度のみを上げる。ここで作成する解析モデルを，mix-05H と表記する。

mix-05H における各種鋼材の重量割合（主架構全体（Total），梁（Girder），柱（Column））を図 4 に示す。図中には，パーセンテージで各種鋼材の重量割合を示しており，主架構全体・梁・柱の鋼材重量も示している。図 4 より，mix-05H の 780 N 鋼の割合に着目すると，主架構全体では 20.3%となっている。梁と柱においてはそれぞれ 22.7%と 17.3%であり，梁の方が 780 N 鋼の割合が多いということがわかる。

解析モデルの経済性を示す指標として $\overline{F}_m$ を定義する。$\overline{F}_m$ は，各解析モデルにおける鋼材強度の加重平均値に，S4-05H に対する各解析モデルの鋼材重量の割合を掛けることで，S4-05H の鋼材重量を基準とした指標となっている。$\overline{F}_m$ が小さいほど経済性に優れていることを意味し，式(3)より算出される。

$$\overline{F}_m = \left(\sum_{j=1}^{6} \frac{F_{(j)} \cdot {}_sW_{(j)m}}{{}_sW_m} \right) \times \left(\frac{{}_sW_m}{{}_sW_1} \right) \tag{3}$$

ここで，m：解析モデル番号（図 5 において定義），j：鋼材番号，${}_sW_{(j)m}$：解析モデル m における鋼材 j の重量，${}_sW_m$：解析モデル m における主架構全体の鋼材重量，${}_sW_1$：S4-05H における主架構全体の鋼材重量である。4 つの解析モデルにおける $\overline{F}_m$ を図 5 に示す。なお，H7-08H は文献 3 において主架構全てに H-SA700 を用い鋼材重量を最も低減させた解析モデルである。図 5 より，mix-05H は $\overline{F}_m$ = 417 N/mm^2，H7-08H は $\overline{F}_m$ = 478 N/mm^2 であり，H7-05H に対してそれぞれ 0.60 倍，0.68 倍であることがわかる。これより， mix-05H の方が H7-08H と比較して経済性に優れていると判断できる。

高さ方向の応答分布として最大層間変形角 $R_{\max i}$ ，各層で最大となった梁端の曲げ応力度 ${}_G\sigma_{\max i}$，各層で最大となったダンパーの塑性率 ${}_d\mu_{\max i}$ を図 6 に示す。なお，示すのは X 方向とし，採用ダンパー量は各解析モデルにおいて，ART KOBE 160 を入力し ${}_d\alpha_{y1}$ を変化させたパラメータスタディ [3]より，層間変形角が十分低減したダンパー量とする（S4-05H：${}_d\alpha_{y1}$ = 0.08，H7-05H・mix-05H：${}_d\alpha_{y1}$ = 0.10，H7-08H：${}_d\alpha_{y1}$ = 0.15）。図 6 より，mix-05H と H7-05H の応答は一致しており，H7-05H の存在応力の結果から mix-05H の使用鋼材を選定したため，H7-05H 同様に mix-05H の主架構は弾性範囲に留まっていると判断できる。${}_G\sigma_{\max i}$ より，S4-05H のみが塑性化していることがわかる。全解析モデルにおいて $R_{\max i}$ は 1/75 程度，${}_d\mu_{\max i}$ は 20 程度となっていることがわかる。なお，${}_d\mu_{\max i}$ = 20 の時ダンパー歪 ${}_d\varepsilon_{\max i}$ = 2.2%（2.0%以上 [5]）となり，注意が必要である。

表 1　鋼材の基準強度と番号

鋼材種類	400N鋼	490N鋼	520N鋼	550N鋼	590N鋼	780N鋼
鋼材番号j	1	2	3	4	5	6
基準強度 $F_{(j)}$(N/mm^2)	235	325	355	385	440	700

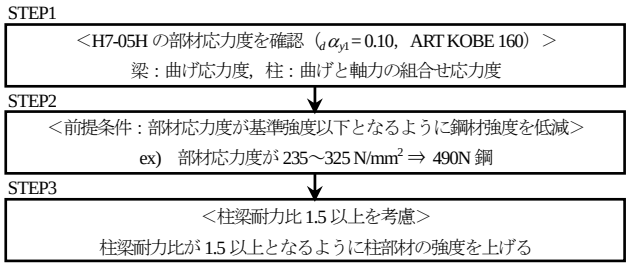


図 3　各種鋼材を組合せた解析モデルの作成フロー

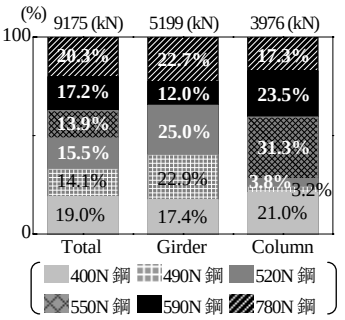


図 4　各鋼材の重量割合

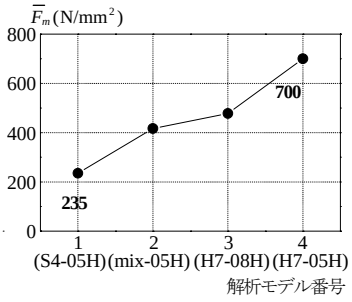


図 5　鋼材強度の平均値

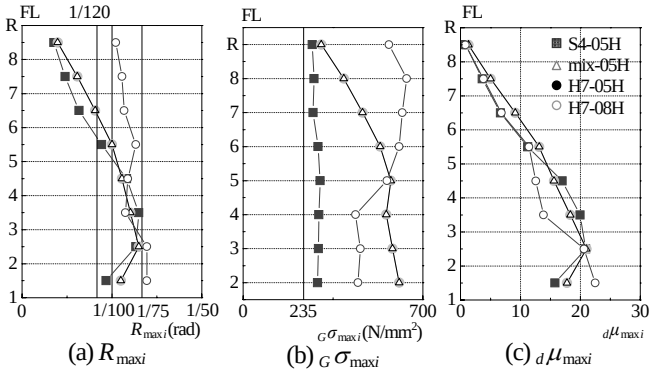


図 6　高さ方向の応答分布

4. まとめ

本報では，存在応力の大きさによって鋼材強度を低減させ，部材ごとに適切な鋼材を選定した。

主架構全体において H-SA700 の使用率を 20.3%に抑えることができ，レベル 2 の 2 倍の地震動に対して主架構弾性となることを確認した。よって，部材の存在応力を適切に判断しそれによって鋼材強度を決定できれば，H-SA700 の使用鋼材量を抑えることとなり，経済性を考慮した設計に繋がると考える。

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る。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 国土交通省総合技術開発プロジェクト　高強度鋼等の革新的構造材料を用いた新構造建築物の性能評価手法の開発：国土交通省　国土技術政策総合研究所，2009.3
2) 日本鉄鋼連盟：建築構造用高強度 780N/mm^2 鋼材（H-SA700），2009.2
3) 野村尚史，佐藤大樹，北村春幸，藤澤一善：建築構造用高強度鋼材 H-SA700 と制振部材を組合せた高耐震化中低層鋼構造建物の応答性状，構造工学論文集，Vol.58B，pp179-187，2012.3
4) 鋼構造設計便覧：JFE スチール，2011.2
5) 建築研究所，日本鉄鋼連盟市場センター：「履歴型ダンパー付鋼構造骨組の設計法」報告書，2002.2

*1　東京理科大学　Tokyo University of Science
*2　JFE スチール株式会社　JFE Steel Corporation

NII-Electronic Library Service