

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 16 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560509

研究課題名（和文） 土木鋼構造物の延性破壊照査法の開発に関する研究

研究課題名（英文） Study on Development of Ductile Failure Verification Method for Steel Structures

研究代表者

葛 漢彬（GE HANBIN）

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：90262873

研究成果の概要（和文）：本研究では、鋼製橋脚の基部に着目した繰り返し載荷実験を行い、き裂の発生および進展状況を調べた。また、シェル要素を用いた解析モデルを構築して、損傷度指標による評価手法を提案し、実験結果による検証を行った。なお、実務で適用可能なファイバーモデルに基づく簡易照査法の提案を試みた。さらに、溶接未溶着が存在する鋼製橋脚の隅角部の地震時極低サイクル疲労下における破壊挙動の解明を実験および解析の両面から試みた。

研究成果の概要（英文）：This study is aimed to clarify behavior of ductile crack initiation and propagation in steel bridge piers subjected to cyclic loading, and to verify an evaluation method of ductile crack initiation using a damage index. For this purpose, cyclic tests were carried out and finite element analyses using shell and fiber models were performed. As a result, hysteretic plastic strain behavior at the base of specimens is clarified, and the ductile crack initiation is evaluated by the proposed damage index. Besides, the effects of welding defects on the seismic performance of steel beam-column members were investigated and future research needs were summarized.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	800000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：鋼構造

1. 研究開始当初の背景

- (1) 鋼構造物の耐震性能向上策の1つとして局部座屈の発生を抑制することから厚肉鋼断面やコンクリート充填鋼断面が採用されてきた。
- (2) かかる方法は、脚基部などのひずみ集中部にクラックが生じ、その進展が進行すれば脆性的な破壊が発生する恐れがある。

- (3) 一般の鋼構造物に対する極低サイクル疲労による延性き裂の実用的照査法がまだ十分研究されていないため、一般の鋼構造に対しては板要素あるいは部材セグメントの限界ひずみに制限（ $20\ y$ ）を設けることで暫定的に対処している。
- (4) このような背景から、厚肉鋼断面部材からなる土木鋼構造物について、ひずみ集中を伴う延性き裂の発生メカニズムを

解明し、延性き裂の発生を予測できる手法を開発する必要がある。

2. 研究の目的

- (1) 大ひずみの領域まで考慮した弾塑性解析により、構造ディテールを忠実にモデル化して鋼構造物のひずみ集中性状を明らかにする。
- (2) き裂発生の発生・進展の全過程を実鋼製橋脚（単柱式鋼製橋脚と隅角部）の準静的実験で検証する。例えば、単柱式鋼製橋脚脚基部の溶接部からき裂が発生するため、溶接ビード仕上げ形状や溶接欠陥（未溶着部など）の影響を重点的に調べる。
- (3) 実験結果を踏まえて、構造ディテール、溶接部などの影響を考慮したき裂発生を予測できる評価法を種々の数値解析（梁、シェルおよびソリッド要素による解析）により検討し、実務的な照査手法を提案する。

3. 研究の方法

- (1) 弾塑性解析モデルの構築とひずみ集中現象の数値シミュレーションの実施
- (2) 単柱式鋼製橋脚の繰り返し载荷実験の実施
- (3) 溶接欠陥を導入した場合の鋼製橋脚隅角部試験体の実験と解析
- (4) 構造ディテールなどの影響を考慮した延性き裂発生の評価手法に関する検討

4. 研究成果

- (1) 溶接欠陥のない単柱式鋼製橋脚の基部やラーメン橋脚隅角部を対象とした検討

この項目に関連して、鋼製橋脚の基部に着目した繰り返し载荷実験を行い、き裂の発生および進展状況を調べた。また、シェル要素を用いた解析モデルを構築して、損傷度指標による評価手法を提案し、実験結果による検証を行った。さらに、実務で適用可能なファイバーモデルに基づく簡易照査法の提案を試みた。

実験的検討 [葛ら, 2009a; 葛ら, 2010a]

正方形無補剛箱形断面鋼製橋脚を製作し、変動変位振幅繰り返し载荷および一定変位振幅の繰り返し载荷実験を行った [葛ら, 2009a]。得られた知見は以下のようである。

- 1) 全ての供試体において柱基部に延性き裂の発生が確認できた。延性き裂は構造パラメータによって局部座屈発生より先行して発生する場合と、局部座屈とほぼ同時に発生する場合がある。
- 2) き裂はフランジとウェブの溶接部の基部で最初に発生するが、発生後直ちに耐力低下に至ることはない。
- 3) き裂がウェブ方向では母材、フランジ方向ではフランジとウェブの接合部内に

進展するとそれ以降大きく耐力は低下する。

- 4) 延性き裂発生点から最大荷重点までにおいて変形能で 1~2 y の余裕がある。これは、研究代表者らが過去に報告された張り出し部のある鋼製橋脚の場合の 3~6 y に比べてかなり小さいものである。
- 5) 柱基部に貼付したひずみゲージの値は延性き裂発生点においては 1~3%程度となる。これは、張り出し部のある鋼製橋脚の場合と比べて若干大きめの値となっている。

続いて、ランダム载荷を受ける単柱式鋼製橋脚の延性き裂進展挙動を明らかにするための実験的検討を行った [葛ら, 2010a]。実験供試体については、幅厚比パラメータが 0.368、細長比パラメータが 0.365、板厚は 8.76mm、材質は SM490YA であった。

まず、ファイバーモデルによる動的解析を実施し、レベル 2 地震動を受ける際の応答変位および損傷度を評価した。得られた応答変位を実験供試体に頂部変位として与え、延性き裂発生・進展挙動などを検討した。以下に本研究で得られた知見をまとめる。

- 1) 軸力が大きいほど応答変位、損傷度は大きくなる傾向にある。
- 2) 軸力比 $P/P_y = 0.175$ のとき、3 体中 2 体の損傷度が 1 に達した。このうち 1 体の応答変位は限界値を超えていたが、もう 1 体は超えていなかった。このように、従来の局部座屈照査を満足する鋼製橋脚でも、延性き裂照査は満足しない場合がある。
- 3) $P/P_y = 0.1$ など軸力比が小さい場合は、応答変位および損傷度はともに小さくそれぞれの照査を満足するが、地震波を 2 回、3 回と入力すると損傷度が 1 に達した。
- 4) 比較的変位が大きい 3 つの供試体では、ウェブ幅方向き裂長さは 20mm 程度までは急激に進展するがその後の進展は小さい。これは変位が漸減していること、およびフランジ-ウェブ溶接部の脚長の寸法が影響していると考えられる。
- 5) 1 回目の地震でき裂が発生せずとも、2 回目の地震が起きた場合にき裂が発生する可能性がある。
- 6) 最大応答変位が比較的小さく、残留変位も小さい場合、き裂進展は抑制され、耐力低下も明確には確認できないことが分かった。このことから、過去の研究で用いられてきた漸増変位载荷は非常に厳しい载荷方法であると言えよう。

解析的検討 [葛ら, 2009b; 葛ら, 2010c; 葛ら, 2010a]

本研究では無補剛（張出部無し，張出部あり），補剛箱形断面鋼製橋脚（小型，大型）およびラーメン隅角部を対象とした繰り返し載荷実験について，Shell 要素を用いてモデル化し有限要素解析を行い，き裂発生箇所近傍におけるひずみ挙動を明らかにした．また，次式で表される，塑性ひずみ範囲 ϵ_{pr} を用いた損傷度指標を提案した．

$$D = C (\epsilon_{pr})^m \quad (1)$$

ここで， $C = 9.69$ ， $m = 1.86$ （SM490 材の場合）である．塑性ひずみ範囲に関しては，本研究で対象としている実験では，変動変位振幅繰り返し載荷を受ける供試体が多く，塑性ひずみ範囲の載荷履歴による変動が著しくなることが考えられることから，レンジ法により得られた塑性ひずみ範囲を用いることとした．

そして，種々の検討を行い，延性き裂発生の評価を試みた．得られた主な知見を以下にまとめる．

- 1) 解析モデルにおいて，溶接部を考慮した場合と考慮しない場合では，前者の方が，塑性ひずみは小さくなる．
- 2) 溶接部を考慮せずとも，要素サイズを適切に設定することで，損傷度を用いて延性き裂発生の評価が行えると考えられる．
- 3) 張出部の無い供試体 [葛ら，2009a] のみならず，張出部といった箇所に発生した延性き裂についても，本手法により，その発生を予測できた．
- 4) また，無補剛，補剛断面ともに，本手法の有効性を確認できた．
- 5) 比較的大型の供試体に対しても，本手法の有効性を確認できた．
- 6) 鋼製橋脚の基部だけではなく，隅角部に対しても本手法の有効性を確認できた．
- 7) 本手法は，延性き裂発生を若干危険側に予測する場合があるが，その場合も耐力低下に至ることはない．

簡易照査法の提案 [葛ら，2010c；葛ら，2010a]

上述の解析的検討での手法を含め，既往の研究において提案されている延性き裂発生評価法はソリッド要素もしくはシェル要素を用いて対象構造物を詳細にモデル化し複合非線形有限要素解析を実施せねばならず，実用的耐震設計への応用は必ずしも容易ではないと考えられる．

ここでは無補剛箱形断面と補剛箱形断面の単柱式鋼製橋脚について，実務で多く用いられている，はり要素を用いた解析（以下，はり解析）によりこれまでの Shell 要素解析に基づく評価手法と同等の延性き裂発生評価を可能にする手法を検討し，併せて延性き裂照査法の概念を示した．

式(1)において材料定数 (C ， m) 以外で損傷

度に影響を及ぼすのは塑性ひずみ範囲 (ϵ_{pr}) のみである．ここでは，はり解析で得られた塑性ひずみ範囲に角部でのひずみ集中現象を考慮した係数 (β) を乗ずることでシェル解析でのひずみ集中現象を模擬することを試みた．以下に β を導入した損傷度式を示す．

$$D = C \sum (\beta \cdot \epsilon_{pr})^m \quad (2)$$

ここでの塑性ひずみ範囲ははり解析で得られた基部の1つの要素の値を使用する．全ての解析モデルについて塑性ひずみ範囲比を求め，実験における延性破壊点に相当する半サイクルまでの平均をとって各実験供試体の R_f を算出した．その結果，幅厚比パラメータ (0.25 と 0.35) による変化は若干あるものの，細長比パラメータ (0.25 ~ 0.45)，載荷履歴 (1 サイクル載荷，3 サイクル載荷および定振幅) および材質 (SS400 と SS490) による影響は非常に小さいことが分かった．例えば，幅厚比パラメータの影響を見ると， $R_f = 0.25$ シリーズの場合の平均値は 3.12 であったのに対し， $R_f = 0.35$ シリーズの場合の平均値は 4.03 と 3 割弱大きくなっている．このようなことから，本検討では，全ての解析モデルから求めた平均値 R_f を補正係数とした．ただし，幅厚比の影響についてさらなる検討が必要であろう．

補剛断面についても全てのモデルで上記と同様にして R_f を求めた．ただし，今回の検討では解析対象モデルが2体しかなかったため，今後より多くの実験データの蓄積が必要であると同時に，高度な解析手法（例えば，ソリッド解析やシェル解析）により延性き裂発生を評価し，本手法の妥当性について検証する必要もあると考えられる．

ランダム載荷，漸増変位載荷を与えた実験結果と本簡易手法による予測との比較を行った．ほとんどの供試体について，シェル解析の結果と同様に， $\pm 20\%$ 程度の誤差で本手法により実験結果を評価できることが分かった．

以上より，ひずみ集中補正係数を導入した損傷度による評価手法により，ランダム載荷を与える場合も漸増変位や定振幅載荷の場合も良い精度で延性き裂発生を評価できることが確認できた．

(2) 溶接欠陥を有する鋼製橋脚の梁 - 柱隅角部を対象とした検討

この項目に関連して，溶接未溶着が存在する鋼製橋脚の隅角部を想定し，完全溶け込み溶接が要求される高い応力レベルが発生する溶接継手において，溶接未溶着が存在する場合における地震時極低サイクル疲労下における破壊挙動の解明を実験および解析の両面から試み，破壊挙動に対する基礎データを提供すると共に，極低サイクル疲労発生の初期段階におけるき裂発生のメカニズムの

解明に繋げたいことを目的とした。

実験の検討 [鈴木ら, 2011a; 鈴木ら, 2011b; 速水ら, 2012]

本実験では、鋼製橋脚の隅角部を模擬した供試体により、実橋において発生応力が高く、完全溶け込み溶接が要求される梁 - 柱交差部に溶接未溶着 (未溶着高さ $a=0\sim 8\text{mm}$) を導入し、定振幅変位載荷および 1 サイクルごとの漸増変位振幅繰り返し載荷実験を実施し、溶接構造の内部溶け込み深さが延性き裂発生に及ぼす影響を明らかにした。

実験供試体は鋼製橋脚と横梁の剛構造からなる隅角部を模擬した無補剛厚肉断面の梁 - 柱の接合部としている。使用材質は実橋脚での適用が多い SM490Y であり、板厚は 12mm とした。

なお、供試体は比較的小さなフィレット (フィレット半径 15, 30mm) を有する既設鋼製ラーメン橋脚の隅角部 ($R=100$ 程度) を想定しており、実橋脚との対比では供試体の柱部が実橋の梁、梁部が実橋の柱となる。また、本研究での供試体は、実構造の鋼製橋脚隅角部の板組や隅角部の溶接仕上げ方法を再現して製作を行っている。十字継手部には 1) 溶接まま (As Weld), 2) R 仕上げ, 3) 止端仕上げの 3 種類の仕上げ性状について実験を行った。

一般的な隅角部の設計においては、梁 - 柱幅の 1/2 程度を剛域として構造解析を行い、塑性化を許容しない設計が行われるが、供試体の柱については、クラック発生前に繰り返し載荷に伴う母材の局部座屈による耐力低下を防止するために幅厚比パラメータ R_f を 0.25, 0.3 として設計を行った。

未溶着高さの違いによる明確な履歴曲線の違いが認められず、同様な履歴を描く結果となった。また、き裂はフィレット上部に発生し、柱フランジ中央に向ってき裂が進展した。供試体のき裂発生近傍の断面切断写真をみても、未溶着部からのき裂発生は確認できていない。他の供試体についても同様な破壊モードを示したが、未溶着高さが最大 8mm と大きな供試体においても未溶着内部からのき裂が発生しなかった原因として、十字溶接の脚長が母板厚 (12mm) に対して 10mm 程度と大きくなっていることが原因の一つと考えられた。

解析の検討 [鈴木ら, 2010; 鈴木ら, 2011a; 速水ら, 2012]

実験で得られた破壊モードの再現ならびにき裂発生評価を行うために、ソリッド要素を用いた 3 次元弾塑性 FEM 解析を実施した [速水ら, 2012]。なお、シェル要素による FEM 解析 [鈴木ら, 2010; 鈴木ら, 2011a] も検討、実施しているが、一般部からのき裂発

生は予測可能であるが、溶接未溶着内部からのき裂発生を再現することが困難であった。

解析には汎用解析プログラム ABAQUS を使用した。柱部基部付近の隅角部の局所的なひずみを出力することを考慮し、柱部基部から B の高さまでを 3 次元 8 節点低減積分ソリッド要素 C3D8R を用いてモデル化し、溶接部及びフィレット R 部は 3 次元 6 節点ソリッド要素 C3D6 を用いた。延性き裂発生箇所近傍の柱部基部の隅角部のメッシュサイズについては、既往の研究においてメッシュサイズが $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ とすることで、比較的精度良く延性き裂発生が予測できることが確認されていることより、基本的にメッシュサイズを $2\text{mm}\times 2\text{mm}\times 2\text{mm}$ となるように分割をした。

本解析手法により、実験結果を精度よく再現できていることが確認できる。また、損傷度評価指標 D により概ねのき裂発生タイミングとき裂発生位置を予測できていることが分かる。

本研究で提案する損傷度評価指標 D については、そのき裂発生位置については精度よく予想が可能であるが、未溶着が大きくき裂発生が早期に生じるような場合についてはその発生時期の予測については精度が落ちる結果となった。

今後はき裂発生予測精度を更に高めるべく、実験、解析の両面から検討を継続していく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

速水 景, 鈴木俊光, 岩田 勝成, 葛 漢彬 (2012): 異なる溶接仕上げと未溶着高さを有する鋼厚肉断面梁 - 柱隅角部の繰り返し弾塑性解析, 構造工学論文集, Vol. 58A, pp. 319-332, 2012 年 3 月。(査読あり)

羽田新輝, 速水 景, 曹 輝, 鈴木俊光, 葛 漢彬 (2012): 未溶着を有する三線交差部に止端仕上げを施した鋼梁 - 柱部材の耐震実験, 名城大学理工学部研究報告, 第 52 号, pp. 104-111, 2012 年 3 月。(査読なし)

速水 景, 岩田 勝成, 鈴木 俊光, 葛 漢彬 (2012): 異なる未溶着高さを有する鋼厚肉断面梁 - 柱部材の延性き裂発生の評価へのソリッドモデルの適用性に関する検討, 名城大学理工学部研究報告, 第 52 号, pp. 112-119, 2012 年 3 月。(査読なし)

速水 景, 鈴木 俊光, 葛 漢彬 (2012): 異なる未溶着高さを有する鋼厚肉断面梁 - 柱部材の延性き裂発生の評価への

シェルモデルの適用性に関する検討,名城大学理工学部研究報告,第52号,pp.120-127,2012年3月.(査読なし)
鈴木俊光,葛 漢彬,岩田勝成,速水 景(2011):溶接ビード仕上げ性状が鋼厚肉部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する実験的研究,鋼構造論文集,Vol.18, No.71, pp.43-53,2011年9月.(査読あり)

Ge, H.B. and Luo, X.Q. (2011): A Seismic Performance Evaluation Method for Steel Structures against Local Buckling and Extra-Low Cycle Fatigue, Journal of Earthquake and Tsunami, Vol.5, No.2, pp.83-99, 2011.(査読あり)

鈴木俊光,葛 漢彬,小野恵亮(2011):完全溶け込み溶接部に未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生に関する実験的研究,構造工学論文集,Vol.57A, pp.479-489,2011年3月.(査読あり)

鈴木俊光,曹 輝,葛 漢彬(2011):完全溶け込み溶接部に未溶着を有する鋼はり一柱隅角部の耐震性能,名城大学理工学部研究報告,第51号,pp.154-161,2011年3月.(査読なし)

鈴木俊光,葛 漢彬,小野恵亮(2010):未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生評価に関する解析的検討,土木学会論文集 A1(構造・地震工学)【特】地震工学論文集,Vol.66, No.1, pp.148-161,2010年12月.(査読あり)

葛 漢彬,藤江 涉,岩田勝成(2010):ランダムな繰り返し載荷を受ける鋼製橋脚の延性き裂発生・進展挙動及び照査法の検証,構造工学論文集,Vol.56A, pp.342-355,2010年3月.(査読あり)

葛 漢彬,藤江 涉,津村康裕(2009):鋼製橋脚の延性き裂照査法の開発に関する一検討,地震工学論文集,Vol.30, pp.368-377,2009年11月.(査読あり)

葛 漢彬,津村康裕(2009):鋼製厚肉断面橋脚における延性き裂発生の評価に関する実験的および解析的研究,構造工学論文集,Vol.55A, pp.605-616,2009年3月.(査読あり)

葛 漢彬,藤江 涉,田島 僚(2009):鋼構造物の延性き裂発生の評価法の実験データによる検証,構造工学論文集,Vol.55A, pp.617-628,2009年3月.(査読あり)

[学会発表](計 23 件)

Suzuki, T., Hayami, K. and Ge, H.B. (2012): Extremely Low Cycle Fatigue Tests of Steel Beam-Column Members with Welding Defects, Proc. of The

International Workshop on Advances in Seismic Experiments and Computations (ASEC2012), Nagoya, Japan, March 12-13, pp.229-236, 2012.3.

羽田 新輝,速水 景,鈴木 俊光,葛 漢彬(2012):ルートギャップが存在する鋼厚肉部材の未溶着高さおよびフレット半径の違いによる延性き裂発生・進展への影響に関する実験的研究,土木学会中部支部平成23年度研究発表会,1-10, pp.19-20,2012年3月.

森 翔吾,速水 景,葛 漢彬(2012):フレット半径の違いが鋼厚肉部材の延性き裂発生におよぼす影響に関する解析的検討,土木学会中部支部平成23年度研究発表会,1-11, pp.21-22,2012年3月.

萩野 勝哉,川島 一輝,葛 漢彬(2012):鋼製橋脚の延性き裂簡易照査法に関する解析的研究,土木学会中部支部平成23年度研究発表会,1-12, pp.23-24,2012年3月.

速水 景,鈴木 俊光,羽田 新輝,葛 漢彬(2012):未溶着を有する鋼製橋脚隅角部の溶接ビード脚長の変更による延性き裂発生への影響に関する解析的研究,土木学会中部支部平成23年度研究発表会,1-13, pp.25-26,2012年3月.

速水 景,鈴木 俊光,岩田勝,葛 漢彬(2011):鋼厚肉部材の延性き裂発生性状に及ぼす継手内部の未溶着高さの影響に関する数値解析,土木学会第31回地震工学研究発表会講演論文集,論文番号3-38,2011年11月.

岩田勝成,鈴木俊光,葛 漢彬(2011):ソリッドモデルによる未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生の評価に関する検討,土木学会第66回年次学術講演会講演概要集,1-181, pp.361-362,2011年9月.

鈴木俊光,岩田勝成,速水 景,曹 輝,葛 漢彬(2011):異なる溶接ビード仕上げ条件を有する鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生性状に関する実験的研究,土木学会第66回年次学術講演会講演概要集,1-182, pp.363-364,2011年9月.

葛 漢彬,鈴木俊光,速水 景,曹 輝,岩田勝成(2011):異なる溶接未溶着幅を有する鋼部材の延性き裂発生と進展性状に関する実験的研究,土木学会第66回年次学術講演会講演概要集,1-183, pp.365-366,2011年9月.

速水 景,鈴木俊光,葛 漢彬(2011):シェルモデルによる未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生の評価に関する検討,土木学会第66回年次学術講演会講演概要集,1-184, pp.367-368,2011

年 9 月 .

Suzuki, T. and Ge, H. B. (2011): Cyclic Tests of Compact Sectional Steel Beam-Column Joints with Welding Defects, Proc. of the 2011 International Conference on Civil Engineering and Building Materials (CEBM 2011), Kunming, China, Paper No. 1692, 2011.7.

鈴木俊光, 岩田勝成, 近藤 有, 富松勇介, 曹 輝, 速水 景, 葛 漢彬 (2011): 溶接ビード仕上げが鋼部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する実験的研究, 土木学会中部支部平成 22 年度研究発表会, I-01, pp.01-02, 2011 年 3 月 .

速水 景, 富松勇介, 近藤 有, 曹 輝, 岩田勝成, 鈴木俊光, 葛 漢彬 (2011): 溶接未溶着深さが鋼部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する実験的研究, 土木学会中部支部平成 22 年度研究発表会, I-02, pp.03-04, 2011 年 3 月 .

Suzuki, T., Luo, X.Q., Ge, H.B. and Usami, T. (2010): A Seismic Verification Method for Steel Bridge Structures against Local Buckling and Ductile Crack Initiation, Proc. of the 9th Pacific Structural Steel Conference, Beijing, China, October 19-22, pp.1209-1215, 2010.10.

鈴木俊光, 小野恵亮, 葛 漢彬 (2010): 溶接未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生に関する実験的研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, I-40, pp.79-80, 2010 年 9 月 .

小野恵亮, 鈴木俊光, 葛 漢彬 (2010): 溶接未溶着を有する鋼厚肉部材の繰り返し弾塑性挙動に関する解析的検討, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, I-41, pp.81-82, 2010 年 9 月 .

岩田 勝成, 葛 漢彬 (2010): 鋼製橋脚の極低サイクル疲労に対する照査法の一検討, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, I-43, pp.85-86, 2010 年 9 月 .

Ge, H. B. and Luo, X.Q. (2010): A Seismic Performance Evaluation Method for Steel Structures against Local Buckling and Extra-Low Cycle Fatigue, Proc. of the 2nd International Symposium on Advances in Urban Safety Conference, Kobe, Japan, March 27-29, pp.277-287, 2010.3.

鈴木俊光, 葛 漢彬, 藤江 涉 (2010): 繰り返し荷重を受ける鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生評価に関する実験データによる検証, 第 13 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関

するシンポジウム, pp.229-234, 2010 年 2 月 .

岩田 勝成, 藤江 涉, 小野恵亮, 葛 漢彬 (2009): ランダムな載荷を受ける鋼製部材の延性き裂発生・進展挙動に関する実験的研究, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, I-028, pp.55-56, 2009 年 9 月 .

【その他 3 件】

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

葛 漢彬 (GE HANBIN)
名城大学・理工学部・教授
研究者番号: 90262873

(2) 連携研究者

宇佐美 勉 (USAMI TSUTOMU)
名城大学・理工学部・教授
研究者番号: 50021796