

# プロジェクト事後評価報告書

評価委員会開催日：確定年月日：平成29年2月20日

評価委員：（敬称略、五十音順）

生駒俊之 東京工業大学 大学院理工学研究科 材料工学専攻 准教授  
 坂本浩一 株式会社神戸製鋼所 技術開発本部 材料研究所 所長  
 鈴木隆之 (株)日立製作所 インダストリアルプロダクツビジネスユニット  
 電機プロダクト設計部 担当部長  
 辻 伸泰 京都大学大学院 工学研究科 材料工学専攻 教授  
 南二三吉 大阪大学接合科学研究所 副所長（教授）

確定年月日：平成29年4月18日

プロジェクト名	社会インフラの復旧、再生に向けた構造材料技術の開発
研究責任者の所属・役職・氏名	津崎兼彰 NIMS 招聘研究員/構造材料ユニット長/ 土谷浩一 構造材料研究拠点拠点長
実施期間	平成24年度～平成27年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトでは、物質・材料研究機構がこれまで培ってきた基盤的な構造材料の技術シーズを活用して、災害発生時の被害を軽減するための建築物や構造物の補修・補強・寿命延長技術を開発する。さらに、建築物や構造物の耐震性・耐火性の強化に資する構造材料技術を開発する。特に、建築構造物の重量低減と耐震性向上のため、安価な金属元素を用いて2倍の寿命を有するユビキタス耐候性鋼（補強用）や制震ダンパー（長周期地震動対策）などを開発する。また、多数の部材の接合を必要とする橋梁等の構造物の耐震性・信頼性向上のため、靱性を確保しつつ補修工期の半減を可能とする溶接技術を開発するとともに、部材の接合に不可欠なボルトを、1700MPa級超高力ボルトにおいて、その破断限界変形量を2倍にする。さらに、鋼構造体の新耐食性評価技術確立し、耐食性を向上させる防食被覆技術を開発するとともに、耐火性を向上させるための耐火鋼の設計指針や耐火被覆技術と耐火性能評価技術を開発する。</p> <p>本プロジェクトは、平成24年度科学技術重要施策アクションプラン「復興・再生ならびに災害からの安全性向上」における施策番号（文25）「建築物や構造物の耐震性、耐火性の強化に資する材料の創出」に基づいて計画遂行するものである。</p>
研究内容	<p>目的達成のために3つのサブテーマを設けて研究を遂行する。</p> <p>(1) 高信頼性接合サブテーマ：多数の部材の接合を必要とする橋梁等の構造物において、靱性と延性を確保しつつ1/2の工期、2倍以上の寿命を可能とする溶接技術・材料を開発する。また、部材の接合に不可欠なボルトを超高力ボルトにおいてその耐震性を低コストで2倍化する。</p> <p>(2) 長寿命表面改質サブテーマ：建築構造物の重量低減効果を大きく左右する構造部材の強度・寿命2倍化を、安価な金属元素を用いて実現する。また、火災による構造部材の温度上昇を遅らせる遮熱性コーティング材料を開発する。</p> <p>(3) 耐震耐火構造材料サブテーマ：震災発生時において、建築構造物の変形、耐震性等を大きく左右する構造鋼の耐震・耐火性能評価指針を構築し、疲労寿命10倍の制震ダンパー鋼を開発する。</p>
ミッションステートメント （具体的な達成目標）	<p>平成27年度までの達成目標を次のように掲げて研究を遂行する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建築構造物の重量低減効果、耐震性等を大きく向上させる構造部材について、安価な金属元素を用いて寿命を2倍にする。（具体的には、ユビキタス耐候性鋼や制震ダンパーなどを対象とする。）</li> <li>・ 多数の部材の接合を必要とする橋梁等の構造物において、靱性を確保しつつ、補修工期の半減を可能とする溶接接合技術を開発する。（具体的には、クリーンMIG溶接や超高力ボルトなどを対象とする。）</li> </ul>

<p>平成24年度～平成27年度までの主な研究成果(アウトプット)及び研究成果から生み出された(生み出される)効果・効用(アウトカム)、波及効果(インパクト)</p>	<p>1) 主な研究成果(アウトプット)：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクト前半で開発した<b>疲労寿命が従来材の約10倍の新制震鋼を開発</b>した。さらに、制震ダンパー鋼の優れた疲労寿命の機構を解明(可逆的な応力誘起マルテンサイト変態を解明)し、他のオーステナイト鋼やFCC金属の疲労耐久性を向上させるための<b>新合金設計指針を確立</b>した。</li> <li>・補修溶接・接合橋梁等の部材を模擬した構造体で、開発溶接材料を使用したクリーンMIG溶接により<b>残留応力の低減と溶接施工数(パス数)低減を実証</b>した。これらにより、2倍以上の寿命と1/2の工期を可能とする溶接技術・材料を開発した。</li> <li>・制震ダンパー鋼材の溶接施工を可能とする溶接ワイヤを開発し、新合金を用いた構造体化が可能になった。</li> <li>・超高力ボルト材についてボルト形状の最適化により、<b>破断限界量を従来の2倍、破断伸びにして14%に</b>することに成功した。破断限界量の目標値を達成した。</li> </ul> <p>2) 研究成果から生み出された(生み出される)効果・効用(アウトカム)、波及効果(インパクト)：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>新制震鋼を用いて16基のせん断パネル型制震ダンパーを製造し実構造物(JPタワー名古屋)へ適用</b>した。</li> <li>・補修溶接・接合橋梁等の部材を模擬した構造体で、開発溶接材料を使用したクリーンMIG溶接により全姿勢溶接が可能であると同時に、施工工期の半減が可能であることを実証し、実施工適用への可能性を示した。</li> <li>・溶接部の耐食性の電気化学顕微鏡による解析と評価を行い、従来の炭素鋼の溶接部と比べても格段に優れた耐食性を示すこと、塗装材の暴露試験でも優れた耐食性を示すことを明らかにし、開発耐候性鋼の<b>実機適用への可能性</b>を示した。</li> </ul>
<p>プロジェクトの目標の達成度合い及び自己点検・評価</p>	<p>プロジェクトの目標の達成度合い：大きな成果を挙げており目標を十分上回った。</p> <p>自己点検・評価：プロジェクトの定年制研究職の参加者は全て従来の3プロジェクトにも併任参加していることから、併任によるマンパワー不足の懸念が指摘されたが、連携について利点となり全く問題がなくプロジェクトを行うことができた。</p> <p>素材(ボルト用低合金鋼素材、溶接材料、ユビキタス耐候性鋼、制震ダンパー鋼)については、設計指針等が得られた。これらの量産化技術、大型化、実施工技術に関しては企業との連携を進め、実用化技術として展開を図るポテンシャルを確立した。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<p>①研究計画、実施体制、マネージメント、連携 (事前・中間評価の結果を受けて、ロードマップに問題はなかったか、実施体制は十分だったか、マネージメントの是非、連携の範囲や連携課題、連携の成果はどうだったか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究計画は、社会インフラに集中し、実用化を目指した研究プロジェクトであった。</li> <li>・災害に強い国づくりの実現を目的とした耐震性と耐火性の向上に資する構造材料、溶接補修技術の開発や部材化・大型化の実証は、テーマとして極めて妥当なものである。</li> <li>・災害発生時の被害の軽減と社会インフラの復旧を視野に入れ、高信頼性接合技術の開発、長寿命表面改質、耐震耐火構造材料の3つのサブテーマからなる研究計画である。</li> <li>・安心・安全な社会インフラの実現を目指し、構造耐震性と耐火性、耐候性に焦点を当て、強度・延性に富んだ構造材料と補修技術を開発すべく、重厚壮大なテーマに果敢に取り組んでいる。</li> <li>・また新コンセプトを導出し、企業とともに実証する進め方は実用化促進に対してよい進め方である。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東日本大震災などを考えても、NIMS が行うべき重要な研究課題であると考えられる。</li> <li>・建築物や構造物の補修・補強・寿命延長技術として実用化研究がロードマップに従って確実に進められた。</li> <li>・実施体制に、専任者が配置されていなかったが、各プロジェクトから上手にマネジメントされていた。</li> <li>・専任研究職は不在であったが、NIMS および外部研究者との密な連携により数多くの成果を取めた。</li> <li>・NIMS 内の他の運営交付金プロジェクトとの連携、および他大学や企業など外部との連携も図られている点は高く評価できる。</li> <li>・他機関との有機的な連携が、研究を加速できているが、連携において NIMS の強みをどのように活かされたかを示されるとよい。</li> </ul>
<p>②プロジェクトの具体的な達成度  (目標は達成されたか、学術的価値、社会的価値、経済的価値の創造につながったか、技術レベルの向上につながったか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ほとんどのサブテーマで設定した目標を達成しており、実用化検討も進んでいることから、技術完成度も高い。</li> <li>・各サブテーマの定量的な目標値を達成し、補修用溶接ワイヤ、クリーン MIG 溶接、1700MPa 級超高力ボルト、耐候性鋼、耐火コーティング、長寿命制振鋼材を開発した。</li> <li>・当初疲労寿命 2 倍を目標としていた高疲労鋼において疲労寿命 10 倍の材料開発に成功するなど、一部は当初期待以上の成果が得られている。</li> <li>・接合、腐食に関するその他の項目についても、開発したダンパー鋼および耐候性鋼を中心とした興味深い成果が得られており、全般的に目標は十分達成されたと考えられる。</li> <li>・各サブテーマの研究目標は、研究期間が 4 年でありながら、達成できていると判断される。特に、耐震ダンパー鋼の疲労寿命目標は 2 倍であったのに対し、目標を大幅に上回る 10 倍が達成され、鋼材とともにその溶接材料が開発されたことは特筆される。</li> <li>・中間評価時点での危惧を払しょくし、具体的目標はほぼ達成されていた。</li> <li>・また、社会的価値と経済的価値の創造は十分であり、技術レベルの向上がなされていた。</li> <li>・本研究の成果は、社会実装されて評価されるものであり、開発された制震ダンパーが実構造物に適用されたことは、社会的に価値が認められる。</li> <li>・特に開発した新制震鋼は超高層ビル J P タワー名古屋に適用された。</li> <li>・高疲労特性制振ダンパー鋼に関しては、J P タワー名古屋にも実装されるなど、社会的・経済的価値の創造に具体的につながっている。</li> <li>・他のサブテーマ研究の成果も、実機適用への可能性が示されており、その検証研究が期待される。</li> <li>・一方、学術偏重ではなく、NIMS としては画期的なプロジェクトであったが、目標設定に対して十分な研究成果が達成されていた。</li> <li>・一方で、新コンセプトの技術ポイント、メカニズムの説明がなく、学術的価値も技術の価値も判断できない。今後、学会発表等で説明していただければ有難い。</li> </ul>
<p>③研究開発の進捗状況  (研究により得られた成果は、世界レベルで比較して高いか、予算に見合った成果が得られたか、将来の新しい研究の芽が得られたか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各テーマの研究開発実績が、世界的に先駆であること、また最先端に位置づけられると述べられているが、国内外の類似研究との優位性を明示することが望まれる。</li> <li>・技術競合優位性についても彼我分析等による根拠を持った説明がなかった。</li> <li>・社会インフラ構築に関する研究は大型予算が必要であり、本研究は予算規模に比較して大きな成果をあげていると判断される。</li> <li>・プロジェクトは予算に見合った成果が得られ、社会実装まで行われており、日本国内でも極めて高い成果が得られていた。</li> <li>・数多くの招待講演が、本研究への注目度の高さを示しているといえる。</li> <li>・企業との共同研究や、実用化実績がすでにあることから、十分優位性はあると思うが、これらについて簡単でもよいので説明をお願いしたい。そうでな</li> </ul>

	<p>いと左記評価項目についての判断ができない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・具体的な産業応用が明確化されており、適用素材の設計指針も得られている。</li> <li>・企業と連携した量産化、大型化、実施工の技術開発を進めて、社会インフラへの早期適用を望みたい。</li> <li>・高疲労特性制振ダンパー鋼はむしろ社会実装化が先行しているが、材料科学的にも重要な発見を含んでおり、新しい研究の大きな芽となり得る。</li> <li>・今後はそうした基礎研究に一旦立ち返り、さらに実用化の発展を目指すといったサイクルに入っていたきたい。</li> </ul>
<p>④見込まれる直接の成果(アウトプット)、効果・効用(アウトカム)や波及効果(インパクト) (質の高い論文・特許が多く出たか、新技術や実用材料につながるか、思いがけない成果があったか、他分野への波及効果はあるか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・72件の学術雑誌論文、46件の国際会議プロシーディングス論文、24件の解説・総説論文が著されており、特別に多くはないが、4年間のプロジェクトということを考えても、十分な発信状況である。</li> <li>・論文、講演など成果発表が多い一方で、特許出願はそれ程多くない。</li> <li>・89件の招待講演がなされており、分野内で十分な影響力を有していると思われる。</li> <li>・特許出願21件、特許登録8件なども行われている。</li> <li>・プロジェクト開始以前に素材や技術に関して多くの特許出願がなされていると思われるが、今回のプロジェクト成果に基づく国内外の特許創生や規準への適用も期待したい。</li> <li>・本研究の成果は、論文化というよりも、社会実装度で評価されるもので、実機適用や実用化、手法・技術の特許化などが評価指標となる。</li> <li>・制振鋼が実際の高層ビルディングに適用された実績は、特筆すべき成果である。</li> <li>・成果の一部は実用化されており、今後各研究テーマが産業界との連携・共創によって実証されることが期待される。</li> <li>・耐震性・耐火性向上に必要な制震ダンパー、溶接材、補修材、ボルト、耐候性鋼の新コンセプトが実証できているようであり、今後の実装の加速が期待される。</li> <li>・今後、メカニズム等を学会発表して、技術のオーソライズを目指していただきたい。</li> <li>・対費用効果にも優れ、今後の波及効果が期待できる。</li> <li>・社会的に大きな波及効果が期待できる。</li> <li>・制震ダンパー鋼の研究開発で培った疲労耐久性向上のための合金設計指針は、この分野の材料開発の指導原理につながるものと評価できる。</li> </ul>
<p>総合評価点平均 (10点満点)</p>	<p>8. 8点 (小数第二位四捨五入)</p>
<p>その他 研究全体に対する総合的な所見、①～④に入らない所見、問題点、あるいはプロジェクトに対する印象など自由にご記入ください</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学術だけでなく、社会的な要請に見合った、正に国が施策として取り組むべきプロジェクトであった。</li> <li>・また、並列して進められていたプロジェクト間を接着させる良いプロジェクトであった。</li> <li>・設計指針を構築される上での技術革新が色々あったと思います。</li> <li>・構造の耐震性や耐食性、耐火性の向上技術は、材料や接合の視点だけでなく、上工程としての構造基本設計とリンクすることが重要で、分野融合型の大型研究へと発展することを期待する。</li> <li>・溶接補修技術は、建築鉄骨よりも橋梁分野での必要性が高く、実動荷重下での技術適用の検討が今後望まれる。</li> <li>・低変態温度溶接材料の使用により圧縮残留応力を生成できることが疲労強度確保面で有意であることが示されているが、実動荷重下でもその特性が担保できるかどうか、その検証が必要と考えられる。</li> <li>・特性向上などの成果が得られた方法、メカニズムなども紹介すると技術成果の理解が進むと思われます。</li> <li>・今後、このような国策として担うべきプロジェクトをNIMSでも推進すると、</li> </ul>

	良いのではないか。
--	-----------

### 第3期中長期計画プロジェクトの事後評価基準

評価点	評価	評価基準
10	S	全ての点において模範的に優れていた。 多くの点において模範的に優れていた。
9		
8	A	総合的に優れていた。 顕著な成果が出た優れたプロジェクトであった。
7		
6		
5	B	平均的なプロジェクトであった。 一部の計画の見直しが必要であった。
4		
3		
2	C	期待されたほどではなかった。 計画を大幅に見直して実施すべきであった。
1		

