

論文・報告

施工性を追求した新型ジョイント『KMA II』

Highest Workability holding New Expansion Joint KMA II

河合 功治 *1
Koji KAWAI柳澤 則文 *2
Norifumi YANAGISAWA久保田 和徳 *3
Kazunori KUBOTA合津 尚 *4
Takashi GOTSU金澤 克義 *5
Katsuyoshi KANAZAWA

アルミ合金鋳物製で孔あきジベルによる床版定着型の KMA ジョイントは、2003 年 9 月の販売開始から 5,800m(2010 年 5 月現在)を超える納入実績がある。本製品のセールスポイントは、「耐久性」「耐候性」「走行性」「低騒音性」「止水性」である。その KMA ジョイントをさらに進化させるため、2008 年 4 月から約 2 年の歳月をかけて構造的な改良を加え、静的載荷試験による耐荷力を確認し、新型 KMA ジョイント(以下 KMA II)として販売を開始した。今回の開発で最重要視したのは、伸縮装置取替工事におけるコンクリート切り欠き深さの低減、つまり「施工性」の追求である。

キーワード：伸縮装置，施工性，孔あきジベル，アルミ合金鋳物，静的載荷試験

1. はじめに

道路橋の伸縮装置は、車両の走行により繰り返し荷重を直接受け、常に厳しい条件下で使用されている。しかし、伸縮装置は橋梁の各部材の中で付属的な部材として取り扱われ、作用する荷重状態や応力の伝達機構などの研究が、主部材と比べ未だ少ないのが現状である。また我が国では、これから本格的な橋梁の維持管理時代を迎えることから、耐久性・環境性などに加え、さらに交通管制の時間が短く施工性に優れた伸縮装置が要求される。そこで、我々はかねてから KMA ジョイント^{1)~3)}の開発を進め販売してきた。しかしながら、既設の橋梁での伸縮装置の取替工事ではブレイカー等の破碎機を使用するため、既設床版の損傷や床版端部の補強鉄筋の損傷が危惧されてきた。

このようなことから今回、床版切り欠き断面を低減することにより、「撤去・設置作業の時間短縮」と「既設床版の損傷軽減」を目的とし、伸縮装置とその定着構造の改良を行った。以下に主な改良点を示す[許容伸縮量 160mm(KMA II-160)の場合]。

- ① 製品高さの低減・・・210mm→170mm
- ② 床版切り欠き深さの低減・・・230mm→190mm
- ③ ジベルの孔間隔の変更・・・一般的な床版主筋間隔 100mm に変更(全型式に適用)
- ④ 補強鉄筋形状の変更・・・棚筋形状→U フック形状(全

型式に適用)

なお、図 1 および写真 1 に改良前後の伸縮装置とその定着構造の断面比較を示す。

ここでは、主に許容伸縮量 160mm(KMA II-160)について行った、改良後の伸縮装置とその定着構造の耐荷力と静的力学特性について報告する。

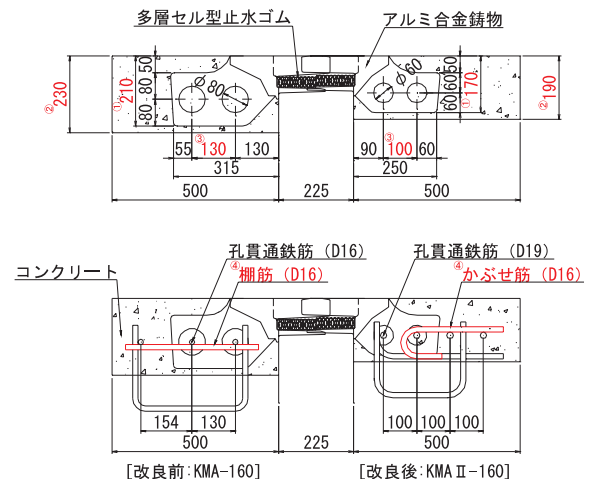


図 1 改良前後の伸縮装置とその定着構造(断面)

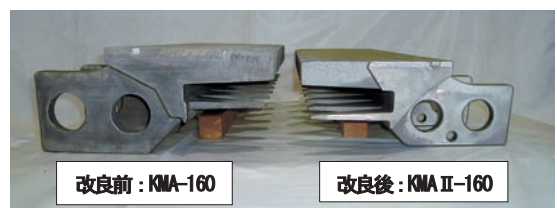


写真 1 改良前後の伸縮装置の断面比較

*1 橋梁メンテナンス営業部技術課
*2 川田工業株式会社研究所主幹
*3 橋梁メンテナンス営業部技術課
*4 橋梁メンテナンス取締役総務部長
*5 川田工業株式会社研究所顧問

2. 予備試験

2.1 供試体

基本的な力学特性を把握するため、伸縮装置を鋼で模擬したモデルA・Bの2体(図2参照)で予備試験を行った。なお、伸縮装置定着部の補強鉄筋として、モデルAでは孔貫通鉄筋のみを配置し、モデルBでは孔貫通鉄筋に加えジベルのアップリフト作用を押さえ込む効果を期待し、孔貫通鉄筋の上部に鉄筋(以下かぶせ筋)を配置することとした。伸縮装置定着部に配置した補強鉄筋径とコンクリートの設計基準強度を表1に示す。

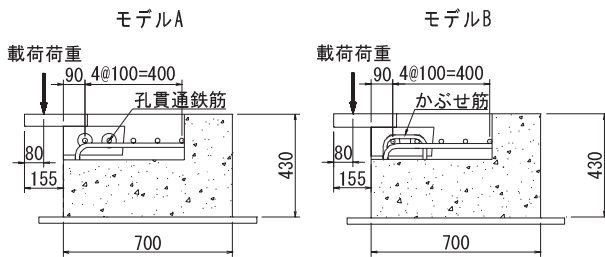


図2 予備試験供試体図(断面)

表1 各モデルの構造諸元

モデル	伸縮装置部材	補強鉄筋		コンクリート設計基準強度
		孔貫通鉄筋	かぶせ筋	
A	鋼	D19	なし	30N/mm ²
B			D16	

2.2 設計荷重と荷重位置

設計荷重は、鋼製フィンガージョイントの設計要領⁴⁾に従って、伸縮装置の先端に[鉛直荷重:100kN×(1+衝撃係数1.0)/2]を載荷するものとし、載荷荷重はジベル孔に発生するせん断力が、この設計荷重載荷時と同等(但し、ジベルの有効枚数:2枚)になるように、各供試体の伸縮装置先端から80mmの位置に189kNとした。また、荷重の載荷幅は500mmとし、図3に示す位置へ載荷することとした。

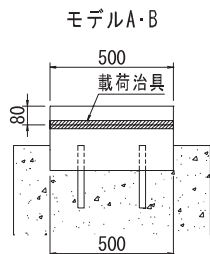


図3 荷重載荷位置とその載荷幅(平面)

2.3 安全率と許容応力度

KMAジョイントに使用されている、アルミ合金鋳物(AC4CH-T6)の引張強度は、JIS H 5202の規定では230N/mm²である。そこで、安全率は従来型製品と同様にFs=2.2⁵⁾とし、設計荷重載荷時に許容応力度(σ_a

=230/2.2=104N/mm²)内に収まるように形状を決定している。

また、定着部の後打ちコンクリートは、伸縮装置の耐力と大きな差が生じないようにほぼ同等の耐力を確保するものとした。

2.4 予備試験の結果

(1) 耐力

表2に示すとおり、最大載荷荷重はモデルA・Bともに設計荷重の約1.9~2.9倍であり、モデルAでは350kN、モデルBでは451kNでジベル前面直下のコンクリートにひび割れ(圧壊)が発生した。その後、モデルAでは366kN、モデルBでは551kNでともにジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊した(写真2参照)。

表2 各モデルの最大載荷荷重と破壊モード

モデル	最大載荷荷重(kN):a	a/b	破壊モード	設計荷重(kN):b
A	366	1.9	I	189
B	551	2.9	I	(Fs>2.2:要)

注) I:ジベル前面直下のコンクリートにひび割れ(圧壊)が発生後、ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊。
 II:ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊。
 III:ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生後、伸縮装置のフェイスプレート根元が破断し破壊。



写真2 モデルBのコンクリートひび割れ状況

(2) 孔貫通鉄筋・かぶせ筋の挙動

モデルA・Bともに、350kN付近より孔貫通鉄筋のひずみは、計測位置の上側では引張側、下側では圧縮側に発生し、明らかに上側へ凸型に曲げられるような挙動を示している。かぶせ筋の無いモデルAはその後すぐに破壊

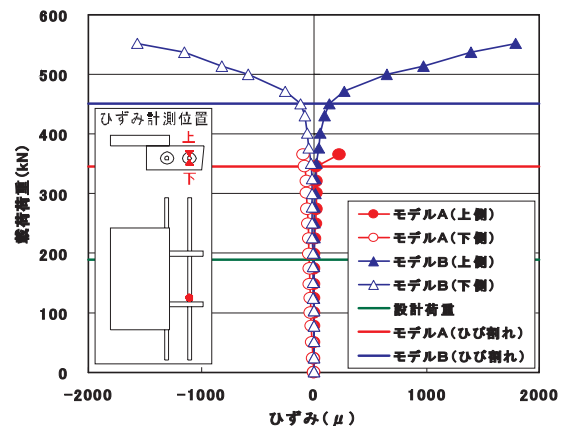


図4 モデルA・B 孔貫通鉄筋 載荷荷重-ひずみ

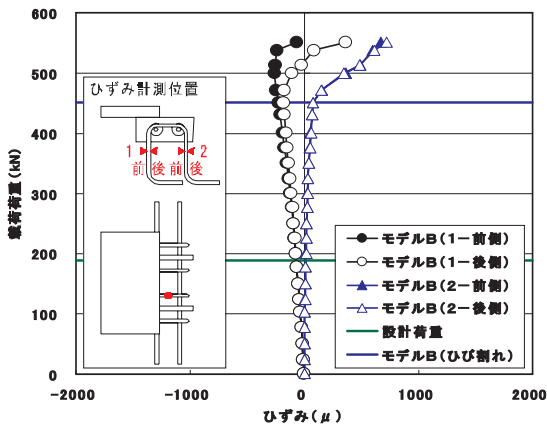


図5 モデルB かぶせ筋 載荷荷重-ひずみ

した。かぶせ筋の有るモデルBは451kN付近よりかぶせ筋の拘束により、孔貫通鉄筋が大きく上側へ凸型に曲げられ、かぶせ筋と一体となって抵抗している。これは、かぶせ筋の発生ひずみの急変からも言えることである(図4, 5参照)。

2.5 予備試験の考察

モデルAは、設計荷重の約1.9倍でジベル前面直下のコンクリートおよびジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し、ほぼ同時に耐力を失った。しかしながら、かぶせ筋を配置したモデルBでは、設計荷重の約2.4倍でジベル前面直下のコンクリートにひび割れが発生し、その後も載荷荷重が増加し設計荷重の約2.9倍で耐力を失った。

このことから、伸縮装置定着部の耐力アップにはかぶせ筋の配置が極めて有効であり、定着部の破壊過程は「①孔貫通鉄筋の曲げ変形」「②かぶせ筋による抵抗」「③ジベル背面の後打ちコンクリートでの破壊」の順で発生することがわかった。

3. 本試験(実構造 KMA II-160 による試験)

3.1 供試体

本試験では、実構造と同様のアルミ合金鋳物製による伸縮装置を用いた。対象とした供試体は、予備試験のモデルBと同様にかぶせ筋を配置したモデルCと、現場施工が容易かつ床版切り欠き深さ190mm以内にかぶせ筋を配置したモデルDの2体とした(図6参照)。現場施工

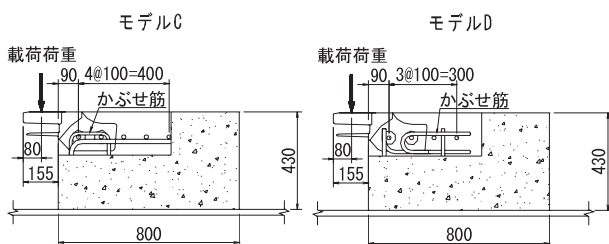


図6 本試験供試体図(断面)

を考慮したかぶせ筋は、ジベルのアップリフト作用に抵抗させるためUフック形状とし、孔貫通鉄筋下部のコンクリートと一体となって抵抗するようにした。なお、伸縮装置定着部に配置した補強鉄筋径とコンクリートの設計基準強度については表3に示す。

表3 各モデルの構造諸元

モデル	伸縮装置部材	補強鉄筋		コンクリート設計基準強度
		孔貫通鉄筋	かぶせ筋	
C	アルミ合金鋳物	D19	D13(ダブル)	30N/mm ²
D			D16	

3.2 設計荷重と載荷位置

設計荷重および載荷位置は2章2節と同じく、各供試体の伸縮装置先端から80mmの位置に189kNの荷重を載荷した。荷重の載荷幅は500mmとし、図7に示す位置へ載荷することとした。また、耐力に対する安全率は2章3節と同じとした。

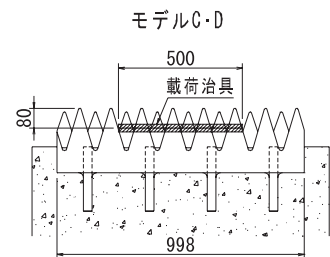


図7 荷重載荷位置とその載荷幅(平面)

3.3 本試験の結果

(1) 耐力

表4に示すとおり、最大載荷荷重はモデルC・Dともに設計荷重の約2.9~3.8倍であり、モデルCでは600kN、モデルDでは533kNでジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生した。

表4 各モデルの最大載荷荷重と破壊モード

モデル	最大載荷荷重(kN): a	a/b	破壊モード	設計荷重(kN): b
C	724	3.8	III	189
D	546	2.9	II	(Fs>2.2:要)

注) I:ジベル前面直下のコンクリートにひび割れ(圧壊)が発生後、ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊。
 II:ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊。
 III:ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生後、伸縮装置のフェイスプレート根元が破断し破壊。

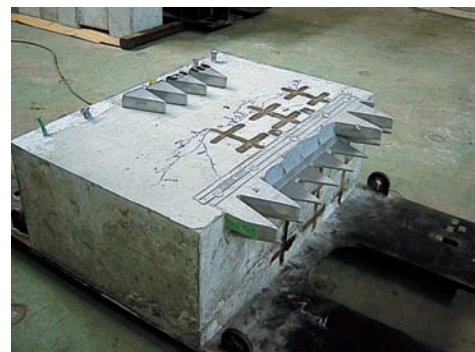


写真3 モデルCのフェイスプレート破断状況

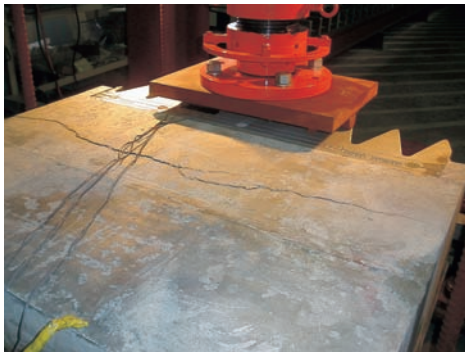


写真4 モデルDのコンクリートひび割れ状況

その後、モデルCでは724kNで伸縮装置のフェイスプレート根元が破断し、モデルDではひび割れが拡大し546kNで破壊した(写真3, 4参照)。

(2) 孔貫通鉄筋・かぶせ筋の挙動

モデルCでは、400kN付近より孔貫通鉄筋の発生ひずみが徐々に増加し、499kN付近より計測位置の上側が引張側に下側が圧縮側に発生している。このことから明らかに計測位置では、上側へ凸型に曲げられるような挙動を示しており、ひび割れが発生した600kN付近からはそれが顕著となった。これは予備試験のモデルBと同様に、かぶせ筋の発生ひずみの急変からも孔貫通鉄筋とかぶせ

筋が一体となって抵抗しているものと言える。

一方、現場施工を考慮したかぶせ筋配置のモデルDは、200kN付近より孔貫通鉄筋の発生ひずみが徐々に増加し、300kN付近より計測位置の上側が圧縮側に下側が引張側に発生している。このことから明らかに測定位置では、下側へ凸型に曲げられるような挙動を示している。かぶせ筋の発生ひずみが小さいことから、主に孔貫通鉄筋がジベルのアップリフト作用に対して抵抗しているものと推察される。その後、425kN以降ひび割れ発生までの孔貫通鉄筋の発生ひずみは、計測位置の上側が圧縮側から引張側に下側が引張側から圧縮側にそれぞれ変化している。このことからひび割れ発生時の計測位置においては、上側へ凸型に曲げられるような挙動を示している。また、かぶせ筋の発生ひずみが450kN以降拡大していることから、孔貫通鉄筋はかぶせ筋と一体となって抵抗しているものと推察される(図8, 9参照)。

3.4 本試験の考察

実構造と同様のアルミ合金鋳物による供試体では、モデルC・Dともに設計荷重の2.9~3.8倍と十分な耐力を有していることが確認できた。試験体数が少ないため定量的には判断はできないが、フェイスプレート根元が破断したモデルCではアルミ合金鋳物の耐力として、設計荷重の3.8倍が得られ、現場施工を考慮したモデルDでは定着部分の耐力として設計荷重の2.9倍が得られた。

また、予備試験と同様にかぶせ筋を配置したことによって耐力がアップし、ジベルのアップリフト作用に対し有効に作用しているものと推察される。

4. 新型ジョイント「KMA II」

4.1 KMA II-160 以外の静的載荷試験結果の概要

ここまでは、主に許容伸縮量が160mmのKMA II-160についての実験報告を述べたが、ここでは他の型式について実施した静的載荷試験での耐荷力と破壊モードを示す。なお、各供試体に配置したかぶせ筋の形状は、モデルDと同様に現場施工を考慮したUフック形状とした。

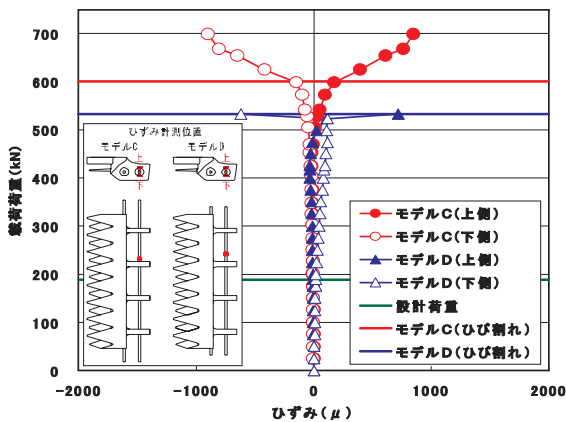


図8 モデルC・D 孔貫通鉄筋 載荷荷重-ひずみ

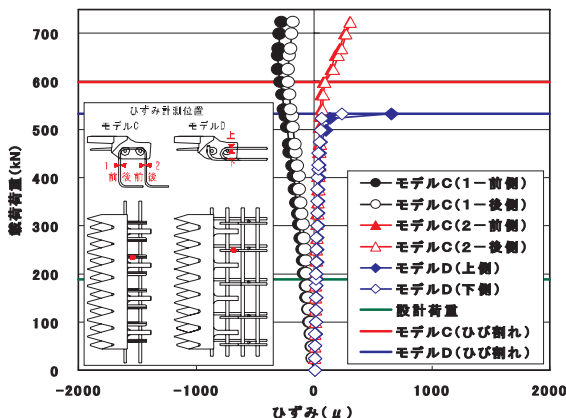


図9 モデルC・D かぶせ筋 載荷荷重-ひずみ

表5 各型式の構造諸元と安全率・破壊モード

型式	補強鉄筋		最大荷重時の安全率 (Fs>2.2:要)	破壊モード
	孔貫通鉄筋	かぶせ筋		
KMA II-110	D16	D13	3.1	IV
KMA II-160		D16	2.9	II
KMA II-230	D19	D16(ダブル)	3.0	III

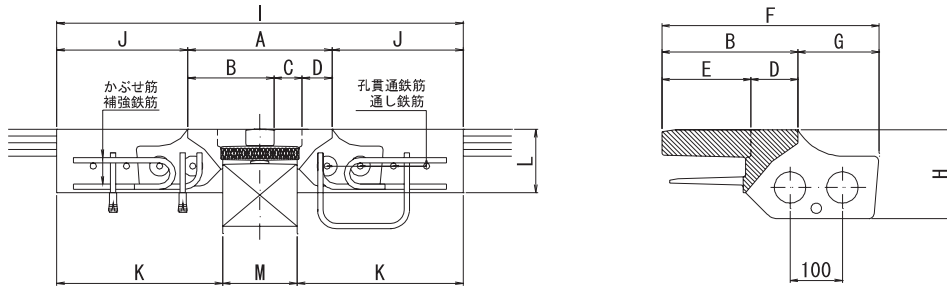
注) I:ジベル前面直下のコンクリートにひび割れ(圧壊)が発生後、ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊。
II:ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し破壊。
III:ジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生後、伸縮装置のフェイスプレート根元が破断し破壊。
IV:伸縮装置のフェイスプレート根元が破断し破壊。

表5に示すとおり、KMA II-110は設計荷重の約3.1倍でフェイスプレート根元が破断した(写真5参照)。また、

表6 KMA II各型式の許容伸縮量と標準断面寸法

型式	許容伸縮量 (mm)	アルミ合金鋳物形状・コンクリート切り欠き断面形状寸法 (mm)												
		A※	B	C※	D	E	F	G	H	I※	J	K	L	M※
KMA II-60	60	205	120	35	50	70	275	155	150	775	285	350	170	75
KMA II-80	80	255	150	45	60	90	295	145	150	805	275	350	170	105
KMA II-110	110	320	190	60	70	120	345	155	170	850	265	350	190	150
KMA II-160	160	435	260	85	90	170	415	155	170	1225	395	500	190	225
KMA II-230	230	560	340	120	100	240	495	155	170	1330	385	500	190	330

注) ※は、標準温度時の値を示す。
箱抜き幅J-Kは、標準断面による。



KMA II-230 は設計荷重の約 2.7 倍程度でジベル背面の後打ちコンクリートにひび割れが発生し、その後設計荷重の約 3.0 倍でフェイスプレート根元が破断した(写真 6 参照)。いずれの型式も設計荷重の 3 倍程度と十分な耐力を有していることが確認された。また、製品のラインナップ(表 6 参照)には、これ以外に KMA II-60 と 80 があるが、いずれの型式もジベル形状が KMA II-110 に類似しており、ジベルに作用する力が KMA II-110 と比べ小さいことから、孔貫通鉄筋は D16 かぶせ筋は D13 と同様の径とした。

4.2 床版切り欠き断面の低減効果

今回の改良により床版切り欠き深さは、許容伸縮量が 160mm の場合で約 18%(改良前 230mm → 改良後 190mm)、許容伸縮量が 230mm の場合で約 24%(改良前 250mm → 改良後 190mm)もの低減を可能にした。これにより、既設床版へ与える影響も少なく、伸縮装置の取替時間も約 10%程度短縮することができ、より「施工性」に優れた製品となった。

また、「走行性」「止水性」「低騒音性」に関しては、以下のように従来の製品と同様の性能を維持している。①「走行性」：フェイスプレート先端が三角歯形状のため、輪荷重をスムーズに移動させる。②「止水性」：従来からの耐候性に優れた特殊なエチレンプロピレンゴム製多層セル型止水ゴムを圧縮して使用しており、高い止水性能を有する。③「低騒音性」：フェイスプレートの三角歯形状と多層セル型止水ゴムの相乗効果により低騒音を実現している。

4.3 実構造への採用事例

ここでは、補修工事として初めて KMA II が採用された事例について従来型製品と比べいくつか作業性が向上した点について述べる。

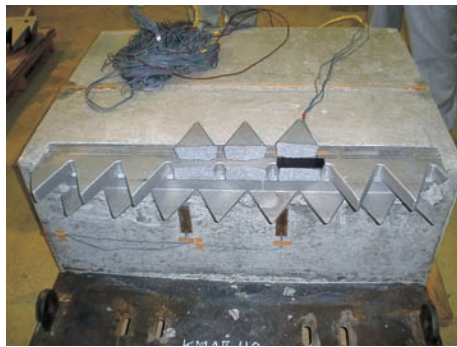


写真5 KMA II-110のフェイスプレート破断状況

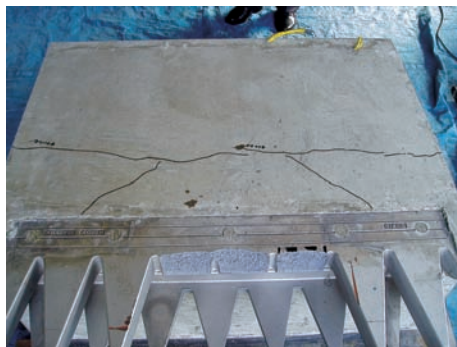


写真6 KMA II-230のフェイスプレート破断状況



写真7 改良前(KMA-230)の製品荷姿



写真8 改良後(KMA II-230)の製品荷姿

まず、工場出荷時の荷姿は、従来型と同様に施工延長分を工場にて一括組立を行っている。従来型では、仮設材兼用の吊り材(H250*125)を必要としていたが、改良型では、製品重量の低減により、仮設材の簡素化が実現した(写真7, 8参照)。

また、今回の実験結果を踏まえ、伸縮装置の定着部にUフック形状のかぶせ筋を採用したが、組立作業については改良前と同様スムーズに配置することができた(写真9参照)。



写真9 KMA II-230 のかぶせ筋配筋形状



写真10 KMA II-230 取替完了

5. まとめ

今回、伸縮装置とその定着構造の改良を試みたが、改良前と同様に設計荷重に対して十分な耐力を有していることが確認された。また、孔貫通鉄筋上へかぶせ筋を設

けることにより、耐力アップに対して有効に作用することが認められ、「耐久性」の高い製品であることが明らかとなった。

また、床版切り欠き断面の低減により床版厚の薄い橋梁や合成床版への適用が可能となり、より軽量かつシンプルでコンパクトな製品となったことから、適用性の拡大が今後期待されるものと考えられる。

6. おわりに

橋梁の付属物として取り扱われてきた伸縮装置は、経済性重視から性能重視へと顧客の要求も日々変化してきている。そこで、この要求に答えるため、今後も伸縮装置の改良・改善を行っていく必要があると考える。現在、KMA II-160 を代表型式として疲労試験を実施中であり、その結果については後日報告する予定である。

最後に、KMA ジョイントの改良にあたり、ご指導とご協力をいただいた関係各位には、心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 渡辺, 永井, 金野, 中西, 依田, 山内: 孔あきジベルを用いたアルミ合金鋳物製伸縮装置に関する基礎的実験, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003.9.
- 2) 中西, 依田, 渡辺, 吉田: 孔あきジベルを用いたアルミ合金鋳物製伸縮装置に関する数値解析的研究, 土木学会第 31 回関東支部技術研究発表会, 2004.3.
- 3) 中西, 吉田, 渡辺, 依田: 孔あきジベルを用いたアルミ合金鋳物製伸縮装置に関する実験的研究, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004.9.
- 4) 中日本高速道路(株): 設計要領 第二集 橋梁建設編, 2007.8.
- 5) (社)日本アルミニウム協会: アルミニウムハンドブック, 2001.