

I-41

改良型埋設ジョイントの開発と走行実験

供 日 本 製 鋼 所 ○正員 熱海 明彦
北海道開発局開発土木研究所 正員 佐々木康博
北海道開発局開発土木研究所 正員 三田村 浩
北海道開発局開発土木研究所 正員 佐藤 昌志

1. はじめに

先の兵庫県南部地震を契機に、道路橋の耐震性を高めるため免震支承を採用した橋梁が増えつつある。地震エネルギーを支承の変形により吸収する免震橋梁では、桁の地震時応答変位が大きくなり、一般の橋梁においても桁遊間が300mmを越えるような場合も生じ得る。また、これらに使用される支承には一方向の移動に限らず全方向の移動が求められるものもある。そこで、本研究では近年の課題でもあるリサイクル品を採用し、簡易な構造で大規模地震時の桁の変位を吸収できる大遊間対応の埋設ジョイントを開発するとともに、試作品を通してその製作施工性、走行性、耐久性について実験的に検討したので報告する。

2. 移動機能と変位吸収システムの概要

1) 基本構造

一般の伸縮装置は、温度収縮等の変形から地震時の桁の変位までの全てを1つの伸縮装置で対応している。しかし、桁遊間が大きな場合には対応が困難と思われる。そこで小規模地震、震度法レベルの地震動による変形までは伸縮装置全体として吸収し、大規模地震時の伸縮装置の変位吸収量を上回る変形に対しては、舗装部にあたる構造体の一部を損傷させてその変形を吸収するシステムの構成を考えた。

本システムの概要を図-1に示す。主な機能は次のとおりである。

- ①橋軸または橋軸直角方向の移動は固定側固定板と移動側固定板に挟まれた移動部

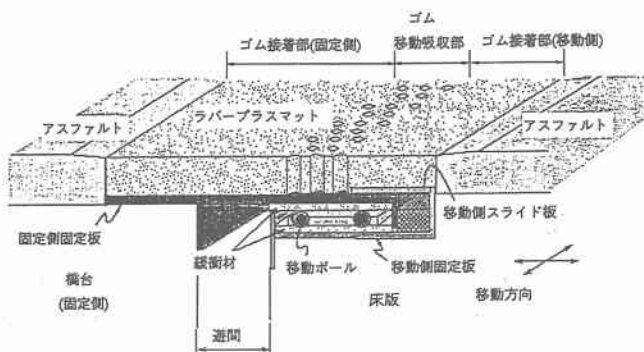


図-2.1 構造図



図-2.2



図-1 構造図

Development And Running Experimentation Of Recycl High Brit Prug Joint.

Akihiko ATUMI, Yasuhiro SASAKI, Hiroshi MITAMURA AND Masasi SATOU

ールの回転機能による。

②路面上の移動は、路面にあたるゴムのくり貫き部の変位吸収部で行う。

移動は固定側固定板と移動側固定板に挟まれた移動ボールの回転機能による。

③ゴム接着部（移動側）は、ゴムの下面に貼ったスライド板と固定側固定板とのすべりにより移動を可能にする。

すなわち、大規模地震の際には路面に当たるゴムマット（ラバープラスマット）が押し出され一部損傷した状態となるが、桁遊間は固定板と移動ボールの機能より十分確保されているため、橋台と桁あるいは桁同士との衝突は回避される。このように路面部にゴムマットという小規模な伸縮装置を設置することで建設コストの軽減を図った。

また、本システムの開発に際しては次のような目標を設定した。

①簡単な構造とし、日常の維持管理が容易であること。

②システムが稼動した際の舗装段差が10cm以下であり、交通車両に致命的な損傷を与えないこと。

③大規模地震後においても重車両を含む交通が確保できること。

④本格的復旧においても全面的交通遮断をしないこと。

2) 使用材料

- ・鋼板 SM400またはSM490
- ・移動ボール 「JIS B 1501 玉軸受用鋼球」に適合したもの。材質は「JIS G 高炭素クロム軸受鋼材」。直径30mm。
- ・ラバープラスマット 原 科 : 廃タイヤゴムチップ（サイズ2mm以下）
バインダー : ウレタンポリマー
密 度 : 0.9 g f / c m^3

3) ゴムマット変位吸収部のくり貫き形状の検討

ゴムマットの伸縮性能を向上させる最適なくり貫き形状を次の4タイプを考え変形性能を比較、検討した。4タイプの形状は図-2, 3, 4, 5に示すようにタイプ1は正方形、タイプ2は円形を想定した八角形、タイプ3は橋軸方向に長いひし形そしてタイプ4は橋軸直角方向に長い長方形の溝形状とした。タイプ1, 2, 3のモデルは溝部の中心位置、総数そして総面積がすべて等しい。タイプ4のモデルは、1つの溝面積は他のモデルと等しいが総数が少ない。

解析は、引張負荷と圧縮負荷について行った。引張で136mm、圧縮は変形によって溝部要素が接触するまで強制変位を与えた。解析手法は、汎用コードMARCを用いたFEMによる大変形弾性解析による。引張および圧縮負荷における荷重-変位曲線を図-6, 7に示す。

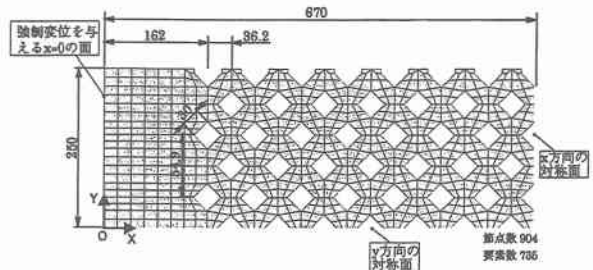


図-2 タイプ1

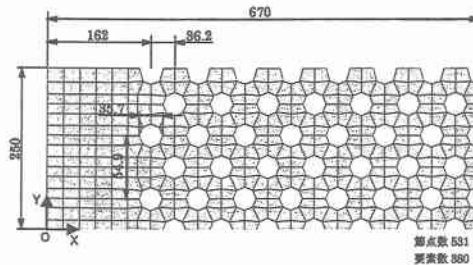


図-3 タイプ2

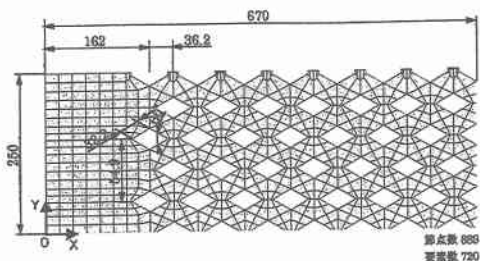


図-4 タイプ3

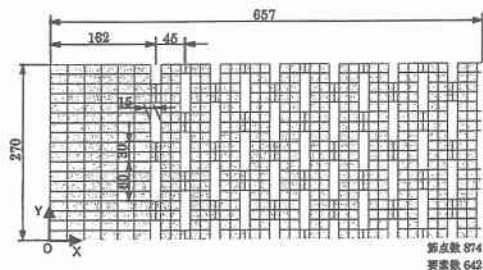


図-5 タイプ4

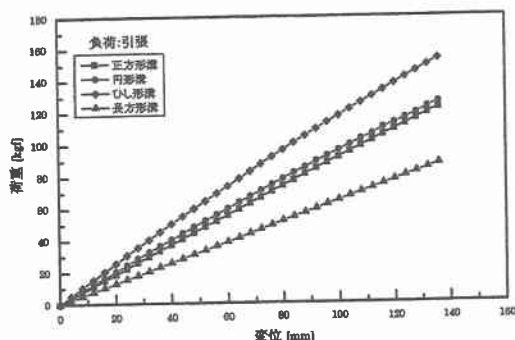


図-6 荷重・変位曲線（引張負荷）

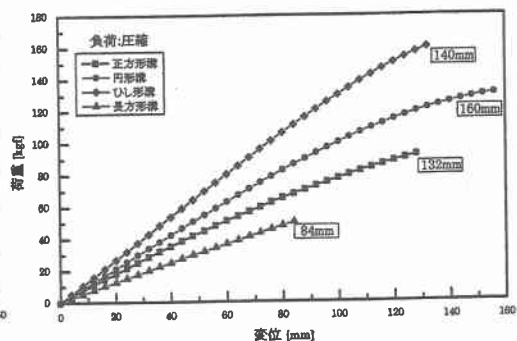


図-7 荷重・変位曲線（圧縮負荷）

解析結果をまとめると次のようになる。

- ①抵抗は溝形状に依存し、ひし形、円、正方形、長方形の順に大きい。
- ②抵抗は負荷方向によって異なり、引張方向よりも圧縮方向の場合が大きい。
- ③溝形状がひし形と円形の場合、溝部に応力集中が見られ、正方形や長方形に比較して応力が高い。

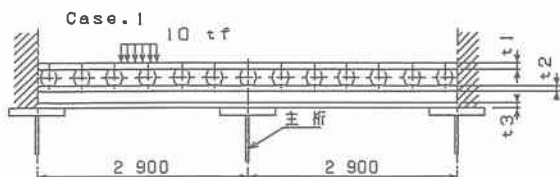
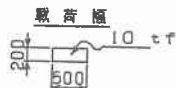
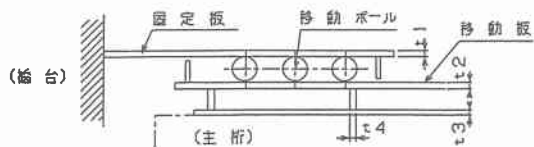
結果より、タイプ4が変形性能が優れていると分かる。しかし、制動、発進時のタイヤによる角部での損傷を考慮し、適用形状はタイプ2の円形とした。

3. 適用例と試作品

1) 適用例（計画）

伸縮量には、温度変化、地震時設計変位、設置誤差を考慮した余裕量を考えるが、例えばこの合計が $L=150\text{ mm}$ の場合とする。桁遊間も 150 mm である。この場合の各部の板厚をFEMにより解析し決定した例を図-8に紹介する。

- ①輪荷重 10 tf は、橋軸直角方向に載せられるだけ載荷するが原則であるが、主桁間を支間とする場合、着目支間に対し隣の支間にも輪荷重を載荷すると断面力が相殺されるため着目支間のみに載荷した。主桁間隔は 2900 mm 。荷重は道示にある輪帯幅 $200\times500\text{ mm}$ 、 10 tf である。また、主桁上の拘束は固定とした。
- ②移動ボールの橋軸直角方向ピッチは 250 mm である。
- ③応力度評価は、衝撃係数を 100% とし許容応力の $1/2$ を目安とした。例では、材質をSM490Yとし $\sigma_a=2100\text{ Kg f/cm}^2$ に対し固定板の応力は最大主応力で 951 kg f/cm^2 、最小主応力で -951 Kg f/cm^2 、板厚は $t=22\text{ mm}$ である。最大主応力のFEM解析結果を図-9に示す。



Case.1 主桁間中央に10 t f 軸荷重を載荷

解析結果より

t 1 = 22 mm	(SM490Y)
t 2 = 22 mm	(SM490Y)
t 3 = 19 mm	(SM490Y)
t 4 = 22 mm	(SM490Y)

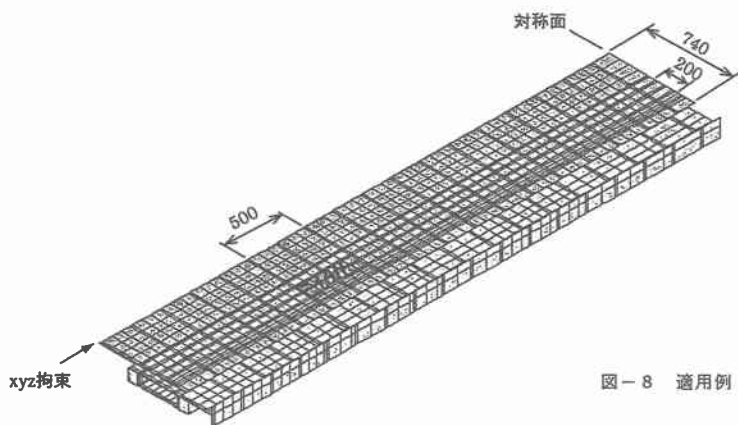


図-8 適用例 (解析モデル)

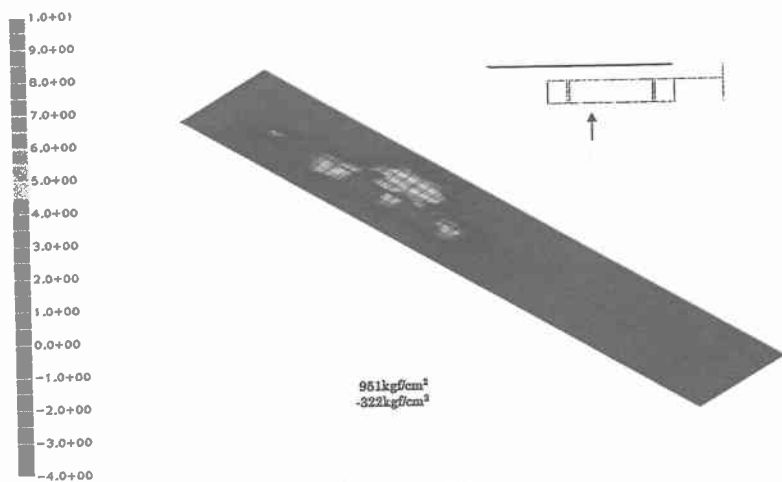


図-9 最大主応力

2) 試作品

試作品は、橋軸直角方向長さ2500mm、橋軸方向長さ1280mm(ゴムマットの長さ)で製作した。複雑な加工が少ないため製作は容易である。形状を写真-1, 2, 3に示す。



写真-1 組立前



写真-2 組立後(鋼部)

4. 制動(急ブレーキ)・急発進実験

制動実験は、時速40kmの4Tfユニック車(型式U-FK417KK、前軸重2,850Kgf、後軸重2,100Kgf)を、ゴムマット面付近で急ブレーキをかけゴムマットの耐久性を確認した。状況は写真-4によるが、200回終了時で表面に何の損傷も見受けられなかった。

急発進実験は、ユニック車の駆動軸である後軸をゴム面に載せサイドブレーキをかけて放すという急発進を繰り返した。状況は写真-5によるが、写真-6, 7に示すように200回終了時で表面に何の損傷も見受けられなかった。

耐摩耗性の評価は、先の土木学会北海道支部論文報告集第54号で既に報告されているラベリング試験の結果より優れていると判断する。

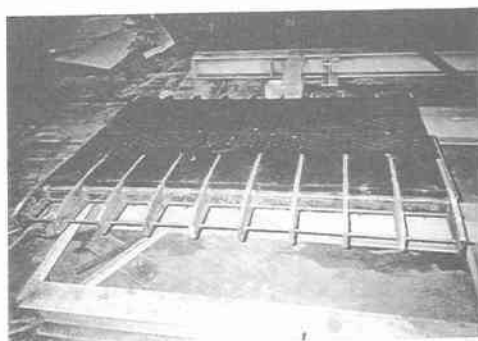


写真-3 組立後(全体)



写真-4 制動試験状況



写真-5 急発進試験状況

5. まとめ

試作品の製作、急ブレーキ・急発進の走行実験より次のことが言える。

①製作は、移動ボールを囲む上下の固定板で箱形を構成するため複雑な加工を必要としない。また、路面に当たるゴムマットも熟練した施工技術は不要で、マットを貼り合わせるだけで施工でき、裁断も簡単にできる。

②組立は工場で行うため、現地での据付けは本体と下部構造または床版を鉄筋で定着する施工となり、施工時間をあまり必要としない。

(図-10参照)

③走行性では、別のゴムマット舗装の走行実験によるが防音性に優れているとの報告があり、これまで問題となっていた伸縮装置で発生する衝撃音に対し、これを緩和する効果が期待できる。

④過酷な急ブレーキ、急発進の各200回の試験ではあるが、ゴムマット表面には損傷が見受けられなかったことより、耐久性はあると判断できる。しかし、今後交通量の多い架橋地点を想定しさらに回数を増やした試験をする必要がある。

本装置は、日常の温度変化や小規模地震に対しては伸縮装置全体で機能する。ゴムマット厚60mm、円形溝穴径30mm、溝列数30の場合の圧縮変形性能試験での変形量は150mm程度であった。これは一般に呼ぶ移動量300mmの伸縮装置に相当する。これにより、小規模地震には十分対応すると判断する。しかし、大規模地震の際には路面のゴムマットを押し出し、固定板と移動ボールの変位吸収で対応する。ゴムマットが押し出されることで舗装面に段差が生じるがゴムマットの厚さは6cmである。また、ゴムマットの下には鋼板があり、交通車両に致命的な損傷を与えることはないと考えられる。復旧においても、ゴムマットを貼り替えるかセットし直すだけですみ、施工にあまり時間を要しなく全体的な交通遮断には至らない。

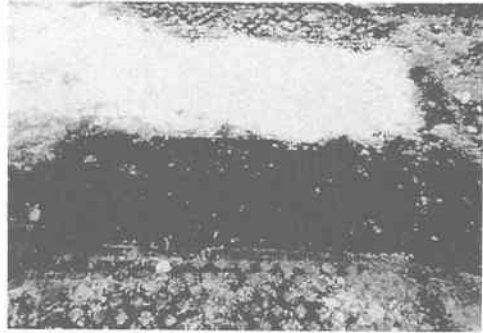


写真-6 制動200回後

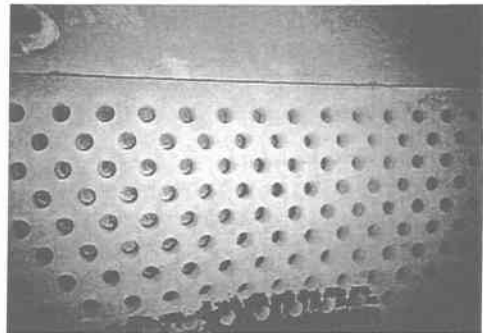


写真-7 制動・急発進各200回
終了後ゴムマット表面

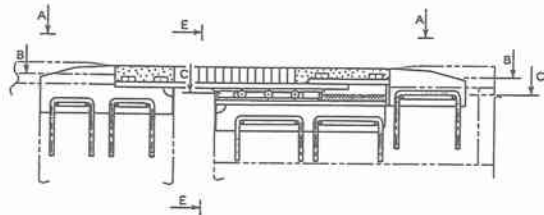


図-10 断面図

参考文献

大変位吸収システムの動的特性に関する実験的検討について 近藤益央、運上茂樹、大住道生