

(非公式・仮訳)

本和訳は、内容の理解を助けることを目的に仮訳したものであり、法的拘束力を持つものではない。

登録番号：10072304

最終報告書

スイス連邦政府 鉄道船舶事故調査委員会

2010年7月23日金曜日
フィーシュに於いて発生した
「氷河特急」906号脱線事故について

スイス連邦政府鉄道船舶事故調査委員会(UUS)
モンビジュ通り 51A
3003 ベルン
電話+41 31 322 5430; ファックス+41 31 323 0076
info@uus.admin.ch
www.uus.admin.ch

目次

章	タイトル	頁
0	全般	3
0.1	概要	3
0.2	事故調査	4
1.	認定した事実	4
1.1	経緯	4
1.2	運行の経過	4
1.3	人的損傷	8
1.4	車両ならびに鉄道施設への物的損傷	8
1.5	第三者の物的損傷	8
1.6	関係者	8
1.7	鉄道車両	9
1.8	道路運送車両	10
1.9	気象状況、レールの状態	10
1.10	鉄道安全システム	10
1.11	列車・操車無線	11
1.12	鉄道施設	11
	1.12 事故状況	11
	1.12.2 一般情報	11
	1.12.3 軌道	12
	1.12.4 46番支柱付近のレールの歪み	13
	1.12.5 鉄道船舶事故調査委員会によるレール検査	13
	1.12.6 セルサ社による負荷状況下でのレールの測定	13
	1.12.7 事故後のレール修復	13
1.13	運行データレコーダー	14
1.14	鉄道車両検査結果	14
1.15	医学的所見	14
1.16	火災	14
1.17	特別調査	14
	1.17.1 気象状況	14
	1.17.2 地質状況	14
	1.17.3 車両調査	15
	1.17.4 レール調査	17
	1.17.5 氷河特急の所要時間	18
	1.17.6 運転士チーム責任者会議の情報	18
	1.17.7 運行データレコーダーの解析	18
1.18	組織・法的手続きに関する情報	19
1.19	その他	19
2.	判定	19
2.1	気象データ	19
2.2	地質調査	19
2.3	車両	19
2.4	レール	20
2.5	氷河特急の所要時間	21
2.6	運転士に関する情報	21
2.7	運転データレコーダー	22
2.8	走行状況について	23
3.	結論	23
3.1	所見	23
3.2	原因	23
4.	安全措置に関する提案	24
	添付資料 1-15	25 - 41

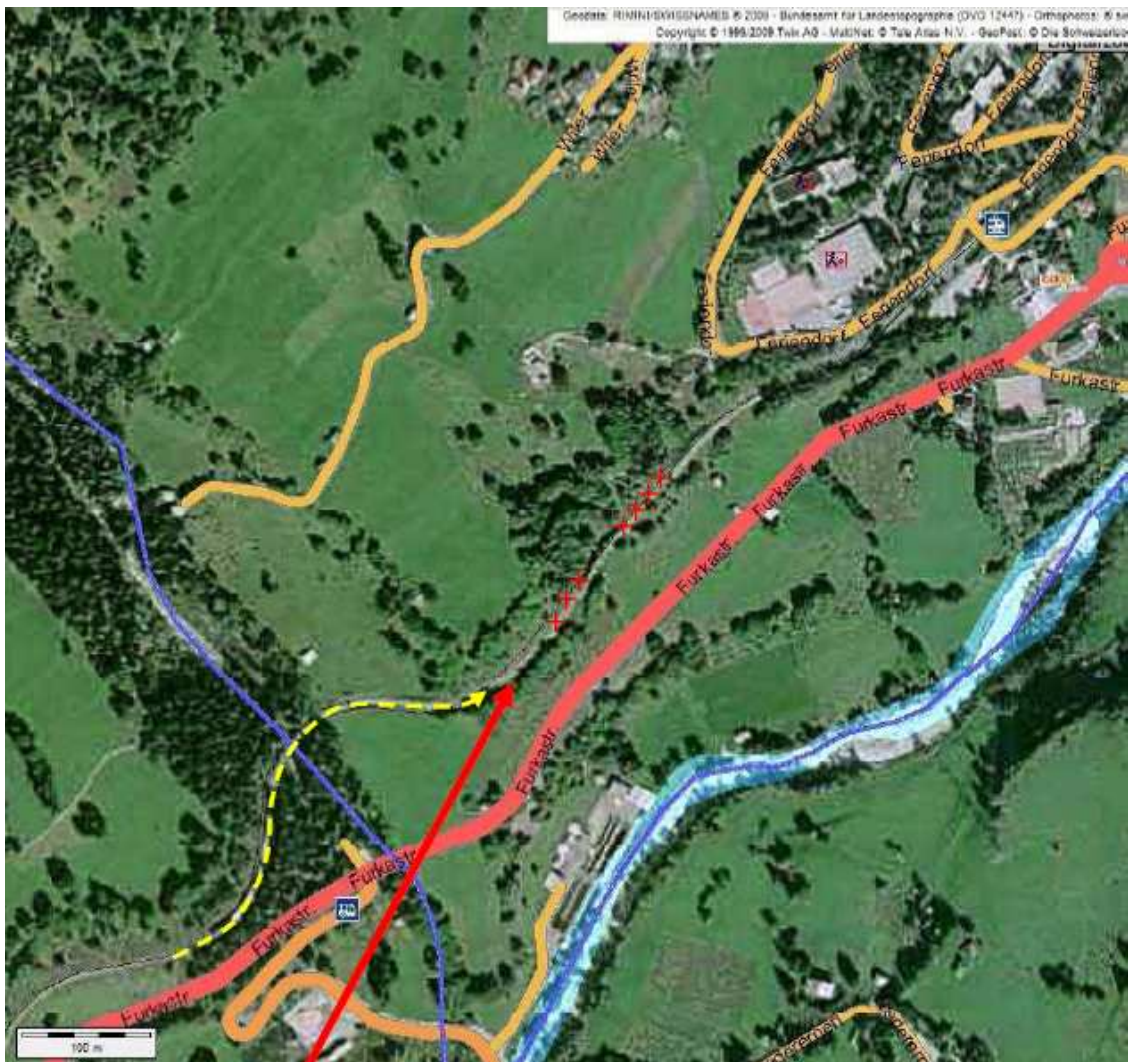
本報告書について

本報告書は、鉄道、ケーブルカー及び船舶業務に於ける事故防止に寄与することを目的として作成されたものである。本件に関する調査は、規則第 25 条「公共交通機関事業に於ける事故ならびに重大事故に関する報告・調査(VUU, SR 742.161)」に則り行われたものであり、事故状況ならびに原因を法的に説明するものではない。従って本報告書は、事故の責任を問うために作成されたものではない。

0. 全般

0.1 概要

「氷河特急」906号(アンデルマット方面行き)は、2010年7月23日金曜日午前11時50分頃当該軌道距離16,056キロメートル地点(44番支柱)付近にて後方の3車両が脱線した。本事故により日本人女性旅行者1名が死亡した。MGB社(マッターホルンゴットハルト鉄道)の車両ならびに鉄道施設は、相当の物的損傷を受けた。



事故現場

黄色矢印は、氷河特急 906 号の走行方向

0.2 事故調査

連邦鉄道船舶事故調査委員会は、当日 12 時 51 分スイス航空救助隊 REGA より本事故についての通報を受けた。事故の規模の大きさから 3 名の事故調査指揮官が事故現場へと出動した。連邦鉄道船舶事故調査委員会の調査報告書は、同委員会が行った調査結果を集約したものである。

1. 認定した事実

1.1 経緯

当該運転士は、ツェルマットにて出発可能な状態の 906 号列車を引き継いだ。同列車の検査規則であるブレーキ検査は同僚により事前に行われていた。当該運転士の供述によれば、出発直後、時速約 30 キロ時に「ブレーキテスト」を実施した。ブリーク駅での乗客の乗り換えにより 906 号列車は、約 10 分遅れでブリーグ駅を出発した。ラックス駅までの運行は、特に問題なく進んだ。

1.2 運行の経過

ラックス駅とフィーシュ駅間、45 番支柱付近の速度上昇「55」の標識までは、急カーブのため、最高時速を 35 キロに減速する。当該運転士は、それに応じて減速した。原因不明の理由から当該列車は、標識「55」(45 番支柱、軌道距離 16,077 キロ地点)の約 90 メートル手前から時速 56 キロまで持続的に加速した。44 番支柱付近の左カーブ(半径 85)で、該当列車の最後尾車両が脱線、同車両右後部が 44 番支柱にぶつかった後(写真 9)、後続の 45 番支柱を完全に倒し、46 番支柱付近で停止した。その結果、最後尾から 2 両目の車両も脱線、同車両の両側面にある連結器から発生したトルクにより、47 番支柱付近で横転した。食堂車(4 番車両)も右側へ脱線し、48 番支柱に依存した状態で斜めに止まった。6 番と 5 番車両、ならびに 4 番と 3 番車両の連結部分は、引きちぎられた。

6 番車両と 5 番車両が分離されたことにより緊急ブレーキが作動した。同列車最前車両(Lok HGe 4/4 Nr.102)は、軌道距離 16,262 キロ地点で停止した。2 つ目の車両分離は、4 番車両と 3 番車両間で起こり、両車両の分離距離は 36 メートルだった。

(写真 1)



事故現場 右側に倒された 45 番支柱が見える。

写真2 4番車両 WRp 3832



写真3 6番車両 Ap 4022



写真4 6番車両 Ap 4022



写真5 4番・5番車両



事故現場写真（青色矢印：列車進行方向）

6番車両 Ap Nr.4022（最後尾車両）は、谷側の斜面に120度の傾斜で止まっている。46番支柱は、同車両の下になっている。（写真3,4,7）

5番車両(Api Nr.4032)は、側面90度傾斜して谷側の斜面にある。（写真5）47番支柱は、5番車両の下にある。5番車両と6番車両は、(距離約5メートル)分離している。4番車両(WRp Nr.3832)は、側面を48番支柱に傾けている。

45番支柱は、横転した6番車両により谷側へ押されている。（写真6）横転している車両により大量のバラストが谷側へ押されている。

写真6



45番支柱は横へ押されている。

写真7



46番支柱は、6番車両の下敷きになっている。

1名の旅行者がラックス駅からフィッシュ駅への運行をビデオに撮っている。車両内から撮影されている同ビデオは、車両が斜めになり、テーブル上の物が滑り、乗客が列車進行方向右側へ滑り落ち、最終的に車両が傾倒する様子が写っている。（写真8）同様にほとんどの乗客が着席していることが窺える。2人の乗客のみが通路に立っている。本ビデオ原版は、担当検察官が保管している。（ファイル Sta 170 頁）

写真8



撮影ビデオより。車両 AP 4022(6番車両)が傾倒する瞬間

本事故により1名の日本人女性観光客が死亡した。さらに42名の観光客が重軽傷を負い、事故直後に駆けつけた救急隊によりヴァレー州、ヴォー州、ジュネーブ州、ベルン州の病院へ搬送された。

負傷していなかった運転士と車掌は、必要な関連機関に直ぐに通報し、負傷者に応急処置を提供した。

本事故に関連したマッターホルンゴットハルト鉄道社員は、乗客の救助活動直後にヴァレー州の警官および連邦鉄道船舶事故調査委員会により事故について尋問された。

当該運転士の供述 2010年7月23日於フィッシュ（ファイル Sta 42-48 頁 要約）：

私は、ツェルマット駅で発車準備完了状態の列車906号を引き継いだ。列車運行準備は、同僚が予定通りに行っていた。ツェルマット駅出発後に私が行った「ブレーキの効果テスト」では、ブレーキ効果は良好であった。ツェルマット駅を定刻通りに発車した。ブリーク駅には、5分遅れて到着した。ブリーク駅の出発時間は、同駅でさらに旅行者が乗車したため、10分遅れた。ラックス駅までの運行は、特に何もなく進んだ。フィッシュ休暇村直前の速度上昇「55」の標識付近で標識に示された速度に加速した。それまでは、時速35キロで走行した。線路の歪みに気付くのが遅れた。私は、すでに加速し始めていた。機関車は、線路の歪みを普通に通過することができたが、突然私は、急な機関車の推力に気が付いた。その直後自動緊急ブレーキが作動し、それにより車両分離が起こった。

私は、当該列車運行のために十分な休養をとり、体調も良かった。注意散漫ではなかった。家庭や職場での問題は抱えていない。

当該車掌の供述(要約)：

私は、ツェルマット駅で顧客サービス業務の準備から仕事を始めた。車両の技術的な点検は、同僚が行った。発車時刻前に全ての荷物が安全に積載されているか再度確認した。推定約3分遅れで10時3分頃ツェルマット駅を発車した。フィスプ駅までの運行は通常通りであった。約3-4分の遅れでブリークへ向かって運行を続けた。ブリーク駅で、約15名の乗客とサービス人員が乗車した。また食品と土産物屋のコンテナも積み込まれた。水タンクも補給された。

乗車券を検査した後、ラックス駅の標高付近で、事務処理をするためサービス車両にある車掌室へ向かった。車窓から外を見なかったが、感じるカーブから列車がどこを走っているのかが分かった。突然、この付近では通常ない列車の加速を感じた。短くガクンとした後、列車はさらに加速した。何かが正常ではないと思ったので、立ち上がり食堂車の通路に出た。調理室の食器棚から食器が落ちるのが聞こえた。食堂車の通路にいた時に振動を感じた。車窓から外を見ると、風景が上下していた。車両は、進行方向右に傾き、私は車両が脱線するのを感じた。

後尾車両(Ap 4022)に乗っていた証人女性の供述(要約) :

列車がゴムス方向に運行していた時、周囲の写真を撮るために、ほとんどの人が列車の右側にいた。そのため車両はいつも少し動いていた。事故の直前、列車が左カーブを走っていると感じた。同時に、テーブルの上にあったコーヒークップが右へ滑るのが分かった。また同時にサービス乗務員が後ろに座っていた乗客の方へ後ろ向きに斜めに倒れた。ほとんど同時に車両が横に倒れるのが分かった。一瞬の後、車両が斜面へ滑ったことに気が付いた。同時に車両は、まだ前方向へ引っ張られた。

後尾から 2 両目車両(Api 4032)に乗っていた証人男性の供述(要約) :

我々は、906 号列車の後尾から 2 両目車両に乗っていた。事故は、何の予兆もなく起こった。ウェイトレスがちょうどビールを持って来た時に、車両は横に倒れた。

車両の重量配分 :

予約リストに拠れば、後尾車両 Ap 4022 には、35 名の乗客がいた。証人女性の供述に拠れば、荷物は荷物置き場とデッキに置かれていた。(写真 11)

写真 9



車両 Ap 4022 番が 44 番支柱にぶつかった痕跡

写真 10



車両 Ap4022 番の 44 番支柱の痕跡

写真 11



旅客列車の荷物置き場の例

1.3 人的損傷 (定義 VUU SR742.161 条 項目 2b に拠る)

	鉄道人員	乗客	第三者
死亡		1	
負傷者		42	

1.4 車両ならびに鉄道施設の物的損傷

基幹施設:

マッターホルンゴットハルト鉄道基幹施設の損傷額は、150,000 スイスフラン。

車両:

MGB マッターホルンゴットハルト鉄道車両(Ap、Api 一等車)ならびに RhB レーティッシュ鉄道車両(食堂車 WRP)の損傷額は、約 4 百万スイスフラン。

1.5 第三者の物的損傷

本事故に因る損傷なし。

1.6 関係者

運転士

、マッターホルンゴットハルト鉄道運転士、スイス連邦交通局証明書保有。

車掌

、マッターホルンゴットハルト鉄道車掌

旅行者

当該列車 906 号には、約 210 名の旅行者が乗車していた。

1.7 鉄道車両

所有者：	マッターホルンゴットハルト鉄道 MGB、バーンホーフプラッツ 7 番 3900 ブリーク
列車編成：	氷河特急、最上級クラスの車両からなる： HGe4/4-2 等クラス車両(MGB パノラマ車両) 3 両 Bp 4029 番、Bp 4028 番、Bp 4027-食堂車 WRp3832(RhB)-1 等クラス車両(MGB パノラマ車両) 2 両 Api4032、Ap4022。列車全長 126 メートル。
機関車：	HGe 4/4 II 102 番
牽引可能重量：	134 トン
車列/	
ブレーキ制御：	氷河特急車両は、R84%で運行する。最高速度時速 90 キロ。
ブレーキ遮断装置：	なし

当該列車後尾の 3 車両は、相当な物的被害を受けている。

車両編成：



5 両目(Api 4032)と 6 両目(Ap 4022)車両は、「ブレダ」型旅客車両である(写真 1 2)。同型車両 18 両は、1993 年当時の鉄道会社 FO, BVZ ならびに MOB 社により共同製作された。2005 年から 2008 年にかけてマッターホルンゴットハルト鉄道車両は、内装、設備の快適性、障害者用設備、外装をシュタドラー社のパノラマ車両シリーズに合わせて改装された。既存の通路の両側 2 座席編成から一等クラスは、2 座席と 1 座席に変更された。

「ブレダ」型車両のパノラマ窓は、支持構造になっているため非常に厚い(3 層)ガラスで作られている。この車両型のパノラマ窓は、重機を使用しなければ割れないため、非常時の脱出はそれぞれの乗車デッキから可能になっている。非常口には、適切な道具(金槌)が取り付けられている。(写真 1 3)

観光ルートの説明を含めた旅客情報は、複数言語で作成された特製のオーディオシステムで得られる。それは、各座席に装備されている。

列車の運行についての旅客情報は、装備されているスピーカーを通して運転士または車掌から放送することが可能である。

「ブレダ」型車両は、SIG PA90 型の車台が搭載されている。緩衝バネは、一次二次ともコイルスプリングである。風袋込の最大総負荷下での正確なブレーキギアの作動を確保するため一次スプリングは比較的硬く、短く設計されている。

車両は、中央緩衝器一つと側面連結器二つを備えている。連邦鉄道船舶事故調査委員会による連結器設備の調査では、脱線による破損の他は車両の傾倒原因となりうる様な既存の損傷要素は見つからなかった。車両は、傾倒前正確に連結されていた。

この車両編成は、2010 年 5 月 13 日からこの組み合わせで運行していた。フィッシュに於ける本事故が発生するまで、運行乗務員から異常についての報告はされていない。

監督当局連邦交通局には、「ブレダ」型改造車両の営業許可が存在する。同許可は、ファイル番号 ZR42BB2009-01-0017 の下 2009 年 4 月 30 に発行され、連邦鉄道船舶事故調査委員会に同コピーが保管されている。

写真 12



「ブレダ」型パノラマ車両

写真 13



デッキにある非常脱出口

1.8 道路運送車両(自動車)

道路運送車両は、本事故には関係していない。

1.9 気象状況・レールの状態

昼間、雨模様。レールは湿った状態。本事故発生時には、降水なし。気温約 17℃。

1.10 鉄道安全システム

ラックス~フィッシュ区間は、Asega 閉塞方式が装備されている。

機関車には、電子安全制御ならびに自動列車安全装置 ZSI90 が装備されている。

鉄道安全システムは、正常に機能した。本システムは、本事故の経過に関係ない。

1.11 列車・操車無線

機関車には、マッターホルンゴットハルト鉄道のアナログ式無線機が装備されている。無線交信は、録音される。当該無線交信は、今回の事故の経過とは関係ない。

1.12 鉄道施設(添付1)

1.12.1 事故状況：

連邦鉄道船舶事故調査委員会は、38番支柱から旅客車両が傾倒している所まで歩測し、脱線の痕跡を調査した。45番支柱までは、(バラスト、レール、枕木、ネジ頭に)脱線の痕跡は全く見つからなかった。最初の手がかり(ぶつかった痕跡)は、44番支柱で認識された。(写真9)

レールは、カーブ部分で隙間なく溶接されていた。軌道距離16,078キロ付近と16,141キロ付近のレール暫定連結部はそれぞれ正しく取り付けられていた。(写真18) 歪みが一カ所あったため2010年7月19日に軌道距離16,078キロ付近と16,141キロ付近でレールを切断し、暫定連結していた。(写真18) 近い将来に溶接する必要がある。連続溶接されたレールにより、主に快適さが実現される。この区間では、レールの間に散発的な粘土質の突出が見受けられる。(写真15) 45番支柱から47番支柱区間では、傾倒した車両とそれに引きずられた車両がバラストを谷側に押している。(写真3, 6)

1.12.2 一般情報：

ラックス~フィーシュ区間は、単線である。レールは、谷の右側に沿って比較的急な斜面に敷かれている。線路の下方に州道が通っている。レールは、溶接されている。ラックスから45番支柱(軌道距離16,077キロ)の速度標識「55」までの区間速度は、時速35キロで、その後時速55キロになる。

写真14



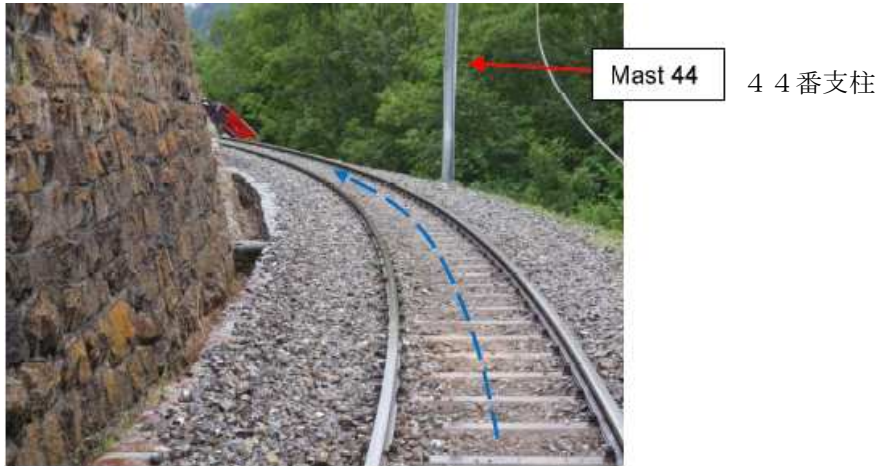
41番支柱からのラックス方面への眺め

写真15



41番支柱からのフィーシュ方面への眺め

写真 16



車両が傾倒した 44 番支柱付近

1.12.3 軌道：

45 番~46 番支柱(軌道距離 16,090 キロ)の S カーブ区間では、鋼枕木 VST 上に VST36 型レールがネジ(Ae)で止められている。続いて SBB 1 型レールが同じく鋼枕木(ASKL)上に軌道距離 16.2 キロまで敷かれている。線路は、通常隙間なく溶接されている。

最近の総合改造(軌道距離 15,220 キロから 16,100 キロ間の 880 メートル)は、1986 年に行われた。最近の大きな保線作業(バラストを入れ、調整し、平準化した)は、2010 年 5 月 25 日に行われた。マッターホルンゴットハルト鉄道社の責任者に抛ればこれらの作業は、2009 年 12 月に作成された 2010 年年間計画に含まれていた。2010 年 7 月 21 日に線路は再度平準化された。

同線路は、最近では 2010 年 4 月 29・30 日に研磨(縞研磨)され、平準化された。

2010 年 7 月の異常な高温により軌道距離 16,100 から 16,400 キロの区間でレールが一カ所変形した。この区間は、2010 年 7 月 15 日に低速運行区間に指定され、運行速度時速 30 キロに制限された。2010 年 7 月 19 日にこのレールを切断し、連結した。(1.12.1 参照) その後レールは、修繕され、低速運行区間の指定は解除された。

写真 17



溶接された SBB1 型レール(左)と VST 型レール(右)の交差部分

写真 18



切断後暫定的に連結されたレール

1.12.4 46番支柱付近のレールの歪み：

当該運転士の供述に拠ると速度標識「55」付近(45番支柱付近)で1カ所のレールの歪みを見た。列車がその部分に到着し、線路を初めて目視検査することができた時に46番支柱付近に軽いレールの歪みを一カ所確認した。(写真19) この歪みは、マッターホルンゴットハルト鉄道社の設備サービス部門には知らされておらず、本歪みについての報告は登録されていなかった。本事故の発生前にこの区間を通過した(列車534号 フィーシュ10時57分、列車527号 フィーシュ10時58分、列車904号フィーシュ11時7分)3名の運転士への調査では、3名ともレールの歪みについての異常は確認していない。

写真19



46番支柱付近のレールの歪み

1.12.5 連邦鉄道船舶事故調査委員会による2010年7月23日のレール検査：(添付8)

2010年7月23日の午後遅くに41番支柱(軌道距離15,992キロ付近)から47番支柱(軌道距離16,125付近)まで連邦鉄道船舶事故調査委員会の監督の下マッターホルンゴットハルト鉄道社社員が測定計器を用いて「3メートル毎の」検査を行った。同検査により45番支柱付近(軌道距離 約16.077キロ)にレールの歪みを一カ所確認した。この歪みは、この測定方法では正確に測ることはできなかった。

この検査で左カーブ付近(6番車両が傾倒した場所)で測定された値は、許容範囲内であった。(添付10、11)

1.12.6 セルサ社による負荷状況下でのレールの測定：

2010年5月24日から25日にかけての夜と事故後にセルサ社の軌道保線車を用いてラックス~フィーシュ区間のレールが正確に測定された。同測定記録は、連邦鉄道船舶事故調査委員会に提出されている。全ての測定値は、許容範囲内である。

1.12.7 事故後のレール修復：

傾倒した列車の収容直後に軌道は修復され、相当の送電支柱が新しく立てられた。又、脱線により下落したバラストも交換された。事故現場付近の約200メートルと次の直線までの後続約200メートルに約50立方メートルのバラストが入れられた。(1メートル当たり約0.12立方メートル使用) 同時期にグレンギオルス~ラックス区間の約700メートルがセルサ社により総合的に改築された。同改築には一晩に約90立方メートルのバラストが必要であり、改築現場へ輸送された。

1.13 運行データレコーダー(添付 2)

当該機関車 HGe 4/4 II 102 番には、電子速度測定器「Hasler Teloc 2000」が装備されている。運行データは、細長い記録テープに記録される。距離レコーダー(記録版)は、存在しない。同記録テープは、連邦鉄道船舶事故調査委員会により解読、分析評価された。この分析評価により当該運転士が事故発生前に時速 56 キロで走行しており、その区間に定められている最高時速 35 キロを超えていたことが明らかになった。車両分離と低圧(真空ブレーキ)が破壊されたことにより緊急ブレーキが作動した。

1.14 鉄道車両検査結果

事故調査責任者による事故現場での本事故列車の目視検査では、明らかな技術的な欠点は見つからなかった。マッターホルンゴットハルト鉄道社の車庫ならびにベニーゲンにある BLS 社の工場です事故車両のさらなる検査が行われた。(1.17.3.2 参照)

1.15 医学的所見

本事故関係者の健康問題についての情報はない。
当該運転士は、彼自身の言葉によれば、勤務開始時には体調良好であった。
警察により当該運転士の呼気検査が行われた。結果値は、0.0 パーセントだった。

1.16 火災

本事故による火災は発生しなかった。

1.17 特別調査

1.17.1 気象状況：

スイス気象台フィスプ(海拔 639 メートル)とウルリッヒェン(海拔 1346 メートル)観測所のデータを海拔線で計算した推定値が事故現場フィーシュ(海拔 1020 メートル)の気温と風速として使われた。結果は以下の通りである：

2010 年 7 月 21 日と 22 日の気温：

最高気温：フィスプ 30.9℃ / ウルリッヒェン 25.3℃ / **事故現場 28℃**

最低気温：フィスプ 14.0℃ / ウルリッヒェン 10.5℃ / **事故現場 12℃** (推定値)

2010 年 7 月 23 日の気温の推移：

事故現場 最低気温：14℃ / 最高気温：17℃

風：(フィスプーウルリッヒェン推定値) 2010 年 7 月 23 日

風速 秒速 1.6 メートル 突風 秒速 3.3 メートル

1.17.2 地質状況：

出展 地質学専門家評：

本鉄道は、事故現場付近に沿い南東方向に 30 度～40 度の特異な地形傾斜があり、局所的に最大 48 度の斜面傾斜がある。傾斜は、表層が砕けた氷堆石で構成されている。傾斜は、大きな面積に広がっている(上層部分は幹の直径の小さな広葉樹で覆われている)。

軌道距離 16,100 キロ付近には、自発性地滑りの古い突出跡が存在する。これは、鉄道軌道建設時に滑落したものと推測される。植物が密に繁殖している事実から、不活性の地滑りだと思われる。

山側は、斜面を 50 メートルの碎石壁と 35 メートルのセメント壁(天端を強化した)で安定させてあり、谷側は 50 メートルの石垣で安定させてある。

線路上への落石の危険：

砕けた氷堆石からなる岩盤斜面の傾斜からみて線路上に落石が起こる可能性は比較的大きい。線路上ならびにその下の傾斜面で新しい落石は見つからなかった。

世界的に見た傾斜面の不安定性の危険：

事故現場付近では、軌道はわずかに上昇している。目視では、地盤沈下は見受けられない。又、線路部分の地盤沈下に結びつくような活動性土地変動を示唆するものは観察されなかった。

石垣部分での線路の地盤沈下の危険：

石垣には、部分的に軽い湾曲が見られる。このため線路が谷側にかすかに傾斜している可能性がある。この可能性は、事故発生後に行われた線路測定を通して検証されなければならない。

1.17.3 車両調査：

1.17.3.1 2010 年 7 月 26 日月曜日 連邦鉄道船舶事故調査委員会による MGB マッターホルンゴットハルト鉄道社車庫に於ける調査：

2010 年 7 月 26 日の午後 MGB 社の工場に於いて車両 Ap 4022(6 番車両)ならびに Api 4032 (5 番車両)が目視ならびに検査機器を使って調査された。

- 全ての車輪の質量は、許容範囲内であった。当該車両型の断面は「W 8 4」(RhB レーティッシュ鉄道,FO フルカオーバーアルプ鉄道,BVZ ツェルマット鉄道社が同型の車両を作成した時の標準断面)
- 左側のフランジは、脱線の痕跡を残していない。
- 右側の車輪は、転覆した際バラストに突っ込んだため汚れていた。
- 双方の車両の車体や車台には、転覆による亀裂や引き裂かれた部分はなかった。
- ボギー台車や車台には、転覆による衝撃の跡がいくつかあった。
- 車両の屋根部分の水タンクには、120 リットル入っており、実質的に満タンであった。
- 連結部は、Ap 4022 の片方と Api 4032 の両方が(転覆により)損傷していた。
- ボギー台車の亀裂ならびに異常について目視検査した。亀裂も異常も確認されなかった。
- ボギー台車に取り付けられているゴムベアリングを目視検査した。ゴムベアリングは、良好な状態であった。

本調査ではボギー台車の欠陥により車両が転覆した可能性を示唆するものは見つからなかった。

1.17.3.2 2010年7月28日水曜日 BLS ベーニンゲンの工場に於ける部品検査：

Ap 4022 車両(6 番車両)と Api 4032 車両(5 番車両)のボギー台車は、MGB 社車庫で解体分解された。部品は、検査のためにベーニンゲンに送られた。1 次サスペンションの外部と内部、2 次サスペンションならびに緩衝器は検査台で正確に測定された。Ap 4022 車両の(24 あるスプリングの内)スプリング 2 つがそれぞれ 1.5%許容範囲を超えていた。この検査記録は、連邦鉄道船舶事故調査委員会に存在する。

他の解体された部品の確認できる損傷について目視検査が行われた。車両の転覆の原因となりえるものは、見つからなかった。

1.17.3.3 ヴィンタートゥールのプローゼ(PROSE)社の専門家評：

連邦鉄道船舶事故調査委員会は、ヴィンタートゥールのプローゼ社に対して、作動技術的計算とシミュレーションを使って Ap 型車両の転覆動作を検査することを委託した。シミュレーションには、シミュレーション環境「SIMPACK」が使われた。シミュレーションモデルの信頼性を実証するために 2010 年 10 月 6 日にラックス~フィーシュ間で測定運行が行われた。

「プローゼ」社の報告書要約

スピードの出し過ぎが後尾車両の傾倒事故を招いたのではないかとの推測がシミュレーションにより証明された。列車は、事故現場付近で決められている最高時速 35 キロを 5 キロ(許容範囲の 10%以上)超過しても十分に安定走行できる。シミュレーションでは、危険速度は、時速約 57 キロであった。

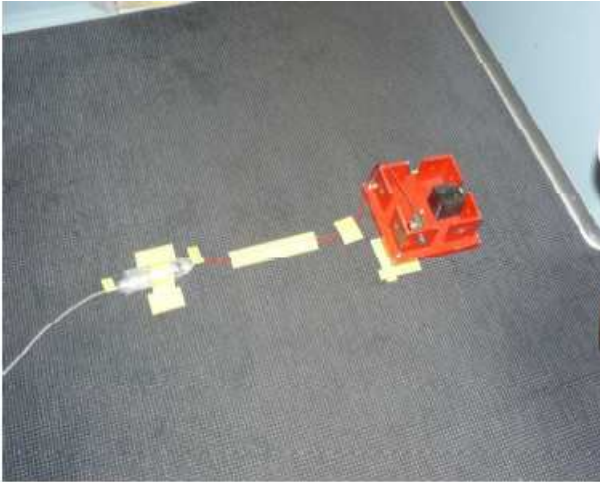
検査対象の列車と線路のパラメーターから導き出される危険速度への影響は、合計時速 5 キロ以下と予想される：

- 横方向の 1+2 座席形式の非対称な重量分配では、危険速度は時速 0.8 キロ低くなる。
- Ap 4021 車両の様に非対称が拡大される場合、危険速度はさらに時速 1.2 キロ低くなる。
- レールの上昇を 25 ミリから 10 ミリに削減する場合、危険速度は時速 1.5 キロ低くなる。
- 垂直方向の重心を 100 ミリ上げた場合、危険速度は時速 2.1 キロ低くなる。

上記の特異性を考慮し、当該車両は不利な条件下でも時速約 50 キロまでは傾倒しないであろうと予想できる。

出展 専門家報告書(PROSE)

写真 20



車両内の測定センサー

写真 21

ボギー台車についている測定
センサー



1.17.3.4 車両の傾倒動作：

MGB 社の車両は、連邦交通局(鉄道令、鉄道令の施行 EN14363 / 2005)の基準を満たしている。
連邦交通局の情報に拠れば、メートルゲージ鉄道に対して傾倒動作についての特別な規定はない。

1.17.3.5 同一構造を持つ車両での車輪負荷計測：

2010年10月5日火曜日 MGB 社ブリーク車庫の車輪負荷計測施設に於いて「ブレーダ」型 Ap 4021 番と同一構造を持つ車両を使用して車輪負荷計測が行われた。計測では、左右に 5.5%の最大相違が見られた。左右の平均相違は、4.1%であった。

1.17.4 レール調査

1.12 参照。

1.17.5 「氷河特急」の所要時間：

氷河特急の所要時間(走行時間のみ)は、234分(2007年の時刻表)から222分(2010年時刻表)に短縮された。理由としてMBG社は、主に3つの駅(フィーシュ、オーバーヴァルト、セドルン)での停車時間の削減を挙げている。その他ツェルマット~ザンクト・ニクラウゼン区間の線路を直線化することにより4分早まった。さらにブリーク駅への東乗り入れ口建設により4分短縮された。同時にブリーク~ディセンティス区間のラック乗り入れ口の取り換えによりさらに少し早くなった。

連邦鉄道船舶事故調査委員会が2010年10月12日火曜日(天気非常に良好、個々のMBG社の列車での立ち席の入れ替え頻繁)列車906号運転室で行った調査運行では、定められた所要時間を守ることができた。列車906号は、ツェルマットを10:00定時に発車し、ディセンティスに予定より3分早い13時41分に到着した。

ツェルマット~ブリーク区間では反対車線の列車との交差とカルペトラン~シュタルデン区間の長い低速運行区間のため4分の遅延が生じた。ブリーク駅では、食堂車の水の補給と頻繁な乗車により出発時間が6分遅れた。ゴムス駅でこの遅れを取り戻すことはできなかった。アンデルマット駅以降(乗車客と運転士交替により)も3分遅延していた。

10月13日の列車906号の所要時間の追加調査(前回同様に天気良好)では、ディセンティス駅に約9分の遅れで到着した。オーバーアルプパス駅までの遅れは、約3分に保たれていた。交差点で長い時間停止しなければならなかったため、ディセンティス駅の到着時間が9分遅延した。

1.17.6 2010年6月10日 チーム責任者会議の情報

毎回の「ブリーク運転士チーム責任者会議」の議題は、MGB社の機関車乗務員に知らされる。これら(氷河特急の変形レール状況なども含む)は、情報であり指示ではない。提出されている例では、月例チーム会議で乗客の快適さを考えて、昼食時間帯には**通知されている**低速運行区間を通知速度よりさらに遅く運行すべきではないかと議論されたとある。時刻表の安定を理由とした回答は、「時刻表の安定を考え、基本的に通知速度より遅くは走行しない」であった。

業務規程と業務指示は、例外なく1名か複数の部門責任者により署名される。従業員に指示する権利は、運転士人事責任者と列車乗務員人事責任者が持つ。

チーム責任者は、関係従業員に情報のみを与える。

1.17.7 運行データレコーダーの解析：

運行データは、細長い色つきテープに記録される。距離データレコーダー、例えば電子距離レコーダーは、「Teloc2000」システムには装備されていない。テープの詳細な解析から15,987キロ付近で加速が始まり(添付2)、時速35キロから緊急ブレーキが作動した16,187キロ付近まで持続的に時速56キロまで上がったことが分かった。つまり加速開始は、速度標識の約90メートル前、加速が許可されている点の約216メートル前(標識と電車の長さをたした距離)からとなる。

さらに、約16,187キロ地点/時速56キロでの緊急ブレーキの作動時には、最後尾車両が、まだ16,077キロ地点(支柱45)の速度標識に達していなかった、つまり、16,187キロ地点(緊急ブレーキ作動)から126メートル(列車の長さ)を引いた16,061キロ地点に(列車906号の最後尾)があったことが分かった。

機関車 HGe 4/4 II 102 番の運行データ記録装置は、2010年7月26日の東車庫~西車庫間の検査運転の際に連邦鉄道船舶事故調査委員会により検査された。時速 30 キロ、40 キロ、50 キロ、60 キロでの運行が行われた。計測値は、制御計測システム「Preiseler プライゼラー」DB で印刷された。これにより、時速 40 キロ~60 キロで実速度と表示速度、そして記録速度との間に時速約 1 キロの差があることが確認された

1.18 組織・法的手続きに関する情報

- 氷河特急 906 号は、ツェルマットから(10:00 発)ブリーグ経由(11:15 着/11:18 発)でアンデルマット(12:36 着/12:42 発)からディセンティス(13:44 着/14:22 発)、さらに 904 号列車と連結してサン・モリッツへ走行する公式時刻表に記載されている通常運行旅客列車である。
- 本事故は、刑事訴追当局側からヴァレー州警察によって調査される。

1.19 その他

- 連邦鉄道船舶事故調査委員会による本事故調査では、当該交通・インフラ企業の従業員に労働法の違反は確認されなかった。

2. 判定

2.1 気象データ

この時期のとしては珍しくない気温であった。風は、ほとんどなかった。事故前の気温もこの時期の通常温度であり、その数週間前の熱波時の温度ではなかった。事故当日の温度(17°C)では、線路の歪みは発生しない。

2.2 地質調査(ロヴィナ+パートナー、ヴァーレン)

地質調査結果では、地形変化やその他の危険な状態が最近なかったことが判明した。当該区域の石垣部分での軌道地盤沈下の可能性は、レール本体を計測して調査された。軌道地盤沈下の特徴は発見されなかった。

2.3 車両

- 「ブレーダ」型旅客車両は、1993年に作製され、2008/2009年に内装、外観デザインを新型パノラマ車両「シュタドラー」型に合わせて替えた。特に一等車の座席配置を従来の2+2配置から新しく1+2配置に替えた。車両 Ap 4022 と Api 4032 には、906号列車の進行方向右側に4人掛け区画がある。車両本体の調整は行われなかった。ブレーキ歯車は比較的硬く、ギア台車の一次サスペンションは短いスプリング軌道できているため、レールの状態が不良な場合、好ましくない車輪の負荷軽減につながる可能性がある。2010年7月23日の事故までは、MGB社の鉄道網で同型車両による脱線は記録されていない。車両 Ap 4022 が傾倒した区域のレール状態は許容範囲内であることから、事故はボギー台車の回転動作に原因するものではない。

- 鉄道・船舶事故調査部門に委託されたヴィンタートゥールのプローゼ社は、走行、特に傾倒動作のコンピュータシミュレーションを行った。
同社の報告書には、個々の測定結果が記載されている。これから、あらゆる不利な影響が組み合わさったとしても、危険速度は、時速約 52 キロだという結論が導き出される。指定された時速 35 キロを守っていれば、10%(時速 5 キロ超過)以上の速度の超過があったとしても列車の走行は安定している。
- 同一構造の比較車両を使った車輪負荷値測定では、ボギー台車で最大(左一右)5.5%の偏差が出た。車両全体では、4.1%(測定許容差 0.5%)の差があった。鉄道令施工規定(添付 15)に拠れば、偏差は 3%まで許可されている。測定値の偏差値は、許容差を 1.1%超過している。事故のため当該車両の車輪負荷値を測ることはできず、又 MBG 社では改造した車両で測定することができなかつたため、Ap 4022 の左右の車輪負荷値が許容範囲であったとは断言できない。当該事故車両は、同一構造で改造されているので、車輪重量分配がほとんど同じであろうと仮定できる。プローゼ社のシミュレーションでは、非対称負荷分散も考慮した。連邦交通局からは、この改造車両に対しての営業許可書が 2009 年 4 月 30 日に交付された。車両に対する軽量検査、特に比較考量は求められなかつた。
- 「ブレード」型パノラマ車両の窓ガラスは、車両を支える部分になっているため、非常に堅牢に作られている。緊急脱出は、デッキ部分にある小さなガラス窓から脱出することになっている。(写真 13)しかしながら、この情報は車両内にはない。
- 連邦鉄道船舶事故調査委員会による事故現場での脱線車両連結器の目視検査では、車両の傾倒につながりえる既存の破損は、車両にも緩衝装置にもなかつた。確認された破損は、車両の傾倒と分離に起因するものであつた。
- 各車軸ブッシュの主サスペンションは、互いに合わさっている二つのコイルスプリングからなり、それで一對のシステムとして考えるべきである。もし、一つのコイルスプリングが許容差外でも、その場合の偏差値は 1.5%であるが、もう一つのコイルスプリングとの組み合わせによって補正され、主サスペンションユニットとしては許容差内に戻る。

2.4 レール

ラックス~フィッシュ区間の「Sカーブ」区域でのレールは、規定通りの状態であつた。計測されたレールの拡張は、許容値内であつた。指定されている走行時速 35 キロはどちらかと言えば下方範囲にあるが、レールの片勾配は、許容差内である。(添付 11)
見つかった粘土の突出部分は、まだ改築されていない路盤に起因する。これらの粘土突出部分は、上部構造を不安定状態にする可能性がある。この様な危険性を削除するため、高度かつ計画的な保線が必要である。最近の本格的な充填作業は、2010 年 5 月にされ、測定値(手による測定と軌道保線車による測定)は、許容差内であつた。

当該 906 号の運転士の供述に拠れば、レールの変形は、カーブの部分ではなくその前の 46 番支柱付近であった。それは、当該車両が傾倒した際にできた可能性がきわめて大きい。906 号列車の前に当該区間を走行した 3 名の運転士に拠れば、同区間での異常はなかった。調査測定時に気が付いた軌道距離 16,077 キロ付近(45 番支柱)のレールの湾曲は、直線部分に既にあり、転倒した車両とその車両に引きずられた車両によってバラスト部分が谷側へ押されたためにできた可能性がきわめて高い。(写真 1, 6)
6 番車両が傾倒し始めたのは、後に確認されたレールのねじれと歪みの手前であった。

2.5 「氷河特急」の所要時間

MGB 社列車の所要時間は、ツェルマット~シュタルデン~サース区間でのルート短縮ならびにブリーク駅への東乗り入れ口の建設(ブリークでの運転士交替とナーテル経由ルートの廃止)により短縮された。それに加えて「氷河特急」は、フィーシュ、オーバーヴァルトとセドルンに停車しなくなったことにより所要時間はさらに短縮された。

2つの踏切交差点地点間の長距離単線区間では一般的に運行遅延が起こる可能性がある。運行遅延とそれが反対方向へ走行している列車へ与える影響は、さらなる運行遅延を招き、遅延時間を取り戻すことは困難である。

2010年10月12日と13日に連邦鉄道船舶事故調査委員会が906号列車を使って測定した運行時間は、時刻表が緻密に計画されているが、通常の下況下であれば時間通りに運行できることを示している。踏切交差点地点から次の交差点地点までの長距離単線区間では、予想外の状況が発生した場合、必然的に運行ダイヤに影響を与える。

運転士は、MBG社の線路網を走行するのに多大の労力を要求される。運行時間を守るためには、非常に多く存在する速度変更(時速10キロ、18キロ、21キロ、27キロなど)に注意を払わなければならない。その上、歯車ラック区間への乗り入れにも注意しなければならない。様々な速度制限区間があるため、入念な注意が要求される。

又、ブリークのオペレーションコントロールセンターでの乗務員責任者の乗務配置業務も難しい。ここからMGB社の全ての運行業務が監視・コントロールされ、踏切の敷設が決定され、又、障害が取り除かれる。

MGB社の遅延統計情報(添付13)では、同社の遅延時間がスイス全国の遅延時間平均値帯にあることが分かる。7月8月に運行状況が明らかに悪化し、遅延時間多いのは、事故後の運行であるため過剰に注意していることに因る。9月には、時間厳守した運行にかなり戻っている。

2.6 運転士に対する情報 (レールの歪み)

メディアで引用されている「レールが歪んでいる場合の行動についての運転士への指示」は、**情報**のことであって指示又は業務命令ではない。ここでは、レールの歪みのため指示される低速運行による旅客の乗り心地に関する問題が取り上げられている。

業務指示や業務規則は、部門責任者によってのみ署名される。運転士の責任者と乗務員の責任者が指示する権利を持ち、又一般事項に関する情報を公開することができる。チーム責任者は、関係社員へ情報のみを与えることができる。

2.7 運転データレコーダー

運転データレコーダーは、細長い記録テープに走行速度ならびに走行した区間をグラフ図で記録する媒体である。そのためデータの正確な解析は困難である。それにもかかわらず、加速を始めても良い地点の約 216 メートル前から加速が始まり、最後尾車両が速度標識の手前地点に於いて時速 56 キロで傾倒したことは確認できる。

連邦鉄道船舶事故調査委員会は、ラックス~フィーシュ区間の走行速度を合計 6 列車(3つの氷河特急と 3つの地方列車)で調査した。これらの調査対象列車では、走行速度の超過は見られなかった。調査当時有効であった低速運行区間では、調査対象列車の速度は、それぞれの信号合図に適合していた。調査対象列車は、「走行速度信号 55」地点に達するまでラックス~フィーシュ区間の時速 35 キロを維持した。

2.8 走行状況について

- 「氷河特急」906号は、ラックス駅を8分の遅延をもって出発した。
 - 事故車両は、氷河特急ツェルマット~ディセンティス区間の2車両の1番目の車両であったので、通常であればその車両はディセンティスで30分間時間の余裕があった。拠って、当該運転手が速度を超過して運転する理由はなかった。
 - 車両編成は、事故前に正確に連結された。
 - 906号は、45番支柱付近の速度標識「55」の約90メートル前から加速した。
- (添付 3-7)

3. 結論

3.1 所見

- 事故に関係した車両の目視検査では、車両の傾倒によって生じた被害以外に損害はなかった。Ap 4021 と同一構造車両で比較確認した誤差は、鉄道事業法施工規則の許可値より 1.1% 高い。
 - 鉄道安全装置は、正常に機能した。
 - 45 番支柱付近の速度標識「55」は、正しく信号を出し、EDV300.2 図 2-3(添付 3)に合致していた。列車は、後尾車両がこの速度標識を通過した時点で加速できる。(添付 4)
 - ラックス駅から 45 番支柱付近(軌道距離 16,077 キロ)の速度標識「55」までの区間の運行速度は、時速 35 キロであり、運転勤務計画に相応して記されている。(添付 12)
 - 合計 6 列車の運行データ記録の解析では、MGB 社運転士によるラックス~フィッシュ区間での組織的な最高速度超過は認められなかった。
 - 脱線現場区域でのレール状況は、鉄道事業法施工規則の許容数値内であった。(添付 10, 11)
 - 2010 年 6 月・7 月の運行遅延統計は、MGB 社の列車が 90%以上の正確な運行時間を維持していたことを示している。
 - プロゼ社のシュミレーションは、「ブレード」型の 1 等車(Ap)が、指定されている時速 35 キロでの走行が、時速 5 キロ(10%以上)の過剰を含めても、安定していることを示している。
- 全ての不利な影響を考慮しても危険速度は、時速約 52 キロである。
- 事故当日の気象状況は、普通であった。当日は、気温も高くなく、強い風も吹かなかった。
 - 地質学者の報告書は、事故現場付近で最近地形の変動がなかったことを示している。地形の変動が事故原因である可能性は除外できる。

3.2 原因

氷河特急 906 号の後尾 3 車両が軌道距離 16,056 キロ(44 番支柱付近)で傾倒したことは、45 番支柱の速度標識「55」の手前約 90 メートルから加速が始まったことに起因する。最後尾車両 Ap 4022 番は、44 番支柱付近のカーブで時速約 56 キロが出ていたことになる。その結果生じた遠心力により後尾車両は右に傾倒し、その前を走っていた車両をレールから引き離した。

4. 安全措置に関する勧め

- 車両の大改造の場合、車両の重心の移動に必要な注意を注ぐ必要がある。監督当局は相応の資料(比較考量、新しい重心の計算などを含む)を提出させ、営業許可証の交付の際に考慮に入れるべきである。
- 鉄道安全システム ZSL(または類似のシステム)の取り付けについて、検討すべきである。
- 緊急脱出口の案内を数か国語で作成し、「ブレーダ」型パノラマ車両内の窓やデッキに掲示すべきである。
- 機関車に装備されている運行データ記録システム「Teloc2000」は、事故・事故に至るまでの正確な経過解析には不適である。古い型の運行データ記録装置は、電子記録装置に取り換える大幅な見直しを行うべきである。

ベルン、2011年1月12日
連邦鉄道船舶事故調査委員会

写真： 番号 1,17-19 ヴァレー州警察
 番号 2-16、20-21 連邦鉄道船舶事故調査委員会