

平成 16 年度  
社団法人日本アンカー協会研究助成  
成果報告書

アメリカ・カリフォルニア州 Laguna Beach 市における  
Bluebird Canyon 地すべり災害及びアンカーを用いた対策工

汪 発武

京都大学防災研究所斜面災害研究センター

平成 17 年 10 月 29 日

## 平成 16 年度社団法人日本アンカー協会研究助成成果報告書

### アメリカ・カリフォルニア州 Laguna Beach 市における Bluebird Canyon 地すべり災害及びアンカーを用いた対策工

汪 発武

京都大学防災研究所斜面災害研究センター

#### 概要

2005 年 6 月 1 日に米国カリフォルニア州の Laguna Beach 市において、Bluebird Canyon 地すべりが発生した。本報告はこの地すべりの地質条件、および対策工事について、資料収集および現地調査の結果に基づいて、まとめたものである。地すべりは Bluebird Canyon の北側面の上で、午前 6 時 30 分から午前 7 時 0 分の間に発生した。発生原因は 2004-2005 冬季の大雨による高い地下水によってものと見られている。

この地すべりはおよそ 7 エーカー(2.8 万平方メートル)の面積に関わった。全体的に見ると、山腹斜面は流れ盤構造を持って、ほぼ水平におよそ 75-85 フィート(22.9-25.9 m)を南東 15-20 度の方向に移動した。地すべりの移動はほぼ停止した時に、11 の住宅が破壊され、8 つの住宅が破損したが、幸い人的被害はなかった。ガス、電気、下水道、ケーブル、および水道は Flamingo Road、地すべりの東境界、および Bluebird Canyon 地域では寸断された。その結果、Bluebird Canyon 東部地域では、345 以上世代が避難し、地すべり地域へのアクセスは制御かつ制限された。Flamingo Road は断ち切られて通行不能になった。Bluebird Canyon からの排水道は 60 フィート(18.3 m)以上の地すべり堆積物によって塞き止められた。Bluebird Canyon 車道は無傷であったが、西行き車線は地すべり堆積物によって制限された。

この地すべりに対する現地調査はロサンゼルス地質調査所と GeoFirm 会社によって、モニタリングと地盤調査を実施した。モニタリングは 2005 年 6 月 3 日から一連の 8 つの表面観測点を地すべり周辺で設置し、観測を開始した。2005 年 6 月 7 日から、地すべり周辺および内部で、一連 11 個の斜面傾斜計を設置し始め、深部の動きを監視し始めた。地すべり発生直後、地すべり周辺の住宅には、地すべりの

危険性によって、23軒の住宅には“特別警戒住宅”と“警戒住宅”を表す「黄色」と「赤色」タグを付けられた。斜面傾斜計の観測結果より、「黄色」と「赤色」タグは逐次に撤去された。地盤調査は2005年6月15日から、10孔の大きい直径のボーリング発掘、試料採取、および検層を実施し始めた。ボーリング調査の結果は斜面傾斜計の観測結果を裏付けて、地すべりの形状および規模に関する詳細資料を提供した。

これらの分析に基づいて、以下の結論が得られた。

- ・ 地すべりの大部分が以前に古い地すべりとして特定されなかったか、または以前に潜在的に不安定だと思われなかった弱い基盤岩に発生した、いわゆる、初生地すべりである。これは1978年に発生したBluebird Canyon地すべりと対比的であり、1978年のBluebird Canyon地すべりは特定された古い地すべりの一部の再活動であった。
- ・ 今回の地すべりは2004-2005冬の異常に高い降雨量によって上昇した高い地下水位によって誘起された。この結論は、州と連邦政府の地質調査所と共有され、1978年に異常な降雨の季節の後で発生した地すべりの原因と一致している。
- ・ 公共団体と地域住民へのリスクは斜面下方への洪水災害危険性、排水過程における地すべり堆積物でできたダムが決壊、Madison PlaceとFlamingo Road袋小路を支える領域への源頭部後退、および地すべり境界に沿った潜在的泥流 - 土石流災害の危険性。
- ・ これらの状況以下の手段により、安全に回復できる。まずBluebird Canyonの表面排水工を復旧させ、Madison PlaceとFlamingo Road袋小路を支える源頭部を安定させる。源頭部斜面を安定させてから、Flamingo Roadを支持するすべった斜面の安定問題を考える。

対策工事は二段階を分けて実施することを勧められた。まず、地すべり領域内でのBluebird Canyonを通る排水工を永久的に再開し、Madison PlaceとFlamingo Road袋小路を支える源頭部を安定化させる。そして、町のFlamingo Roadと公益施設を回復させるための斜面総合的な整理を実施する。

### 現地状況および最近の地すべり

Bluebird Canyon近隣はカリフォルニア州のLaguna Beachであり、Laguna Canyon Roadと太平洋のCoast Highwayハイウェイの交差点の南東およそ2 kmに位置して

いる。2005年に発生した地すべりは、北へは Madison Place、南へは Bluebird Canyon 車道、西へは Oriole 車道、東へは Didrickson Way に位置付けられる。地すべり範囲は部分的に開発された約 2.8 万 m<sup>2</sup> の面積を含み、海拔は北の 430 フィート(131 m) から前面の Canyon の 180 フィート(54.9 m)まで広げる。地すべり土塊は長さおよそ 800 フィート(243.8 m)で、幅 420 フィート(128.0 m)であり、およそ 58 万立方ヤード(44.3 万立方メートル)である。地すべり領域には、19 世代(一軒の新築の家の基礎を含む)が今回の地すべりで破損したか、または破壊された。中には、7 つの住宅が地すべりの中にあり、そして、12 の家が地すべりの境界を渡っていた。

地すべりは東西走行の滑落崖から南へ峡谷底隣接の Bluebird Canyon Drive まで広げた。滑落崖はおよそ 20 - 30 フィート(7.9-9.2 m)で露出し、険しく傾いている。地すべりの上部を横断する Flamingo Road と関連施設は水平に斜面下方へおよそ 50-80 フィート(15.2-24.4 m)、垂直におよそ 20 - 30 フィート(7.9-9.2 m)を運動した。Bluebird Canyon の中の底では、最大 60 フィート(18.4 m)の地すべり土塊が充填し、自然排水路を堰き止めた。峡谷下部の南寄りの 6 つの家は地すべり末端部の堆積物の影響を受けた。

### **地下調査結果**

地下調査は、2005年6月7日から7月2日までに地すべり領域なおよび周辺で行われて、10個の30インチ(76.2 cm)直径のバケツオーガー・ボーリング、および11個6インチ(15.2 cm)直径の空気回転式のボーリング探査を実施した。最大の掘削深さは地面から114フィート(34.7 m)であった。バケツオーガー・ボーリングはコア全体を層別に登録された。空気回転式のボーリングは斜面傾斜計を設置することを目的とし、潜在的深い地盤移動をモニターできる深さまで掘削した。孔内傾斜計による監視は2005年6月8日に始まって、これまでに続けている。

### **地質背景**

Bluebird Canyon は San Joaquin 山の海側の斜面に位置している。ここは、中新世の堆積基盤岩分布している。San Joaquin 山は新鮮新世と更新世の間に、南カリフォルニアのこの地域に作用する地域的な構造的な力による上昇によって形成された。Bluebird Canyon を含む多数の峡谷がこの上昇運動の間、自然な浸食過程で深く San Joaquin 山に切開されていた。降雨がかなりすごかった、そして、河川による浸食は岩盤層の中に柔弱の面を切り落としたため、多くの古い地すべりが最後の氷河期

に形成された。浸食作用は周期的に今日に活発なままで、最近の降雨の多い冬で現れているように、この地域で、洪水、泥流、および地すべりが氾濫している。

### **過去の地すべり活動**

地すべりは地質学的、そして、歴史的な過去に Bluebird Canyon 地域で発生していた。一般的にこれらの地すべりは表層崩壊に制限されている。しかし、おそらく最後の氷河期の気候と地形に関連した古い、そして、カリフォルニア州によって発表された地質学のレポートによって、深い地すべりもこの地域で発生していた。これらの地図によると、今回の地すべり範囲内では、古い地すべりは特定されていない。比較的小さくて、浅い地すべりは峡谷下部および今回の地すべり範囲内に分布していることが報告によって特定されている。これらの既存地すべりは今回の不安定とは構造的に関係していないようである。

2005年に発生した地すべりの西縁はおよそ1978年のBluebird Canyon 地すべりの東急斜面北東200フィート(60.9 m)に位置している。1978年の地すべりは古い地すべりの部分的な再活動であることを決定されており、1977-1978年の冬の集中豪雨による高い地下水によって誘起された。この古い地すべりの東部は2005年の地すべりの南西部の境界に非常に近接でマッピングされている。高さ的には、古い地すべりのすべ面は2005年のすべり面と一致しない。

1989年に、Oriole Drive と2つの隣接している住居範囲で始動した地すべり運動に関する変形現象について、GeoFirm が観測・調査した。この地すべりは、古い地すべりの部分的な再活動と認識され、対策工法としては、Oriole Drive の下のケーソンとグレードビームシステムを設置することにした。また、1997年に、GeoFirm は945 Oriole Drive と1033 Flamingo Road の間の斜面で形成されたアーチ形の浅い地面亀裂と始動した滑落崖を調査した。結論としては、これらの浅い亀裂は現在の深い斜面不安定性に関連しない。

### **斜面土質特性**

地すべり地域とその周辺では、中新統のTopanga層群の基盤岩が分布している。基盤岩は主に砂岩、シルト質砂岩、粘土岩であり、中には層状粘土の薄い層を挟んでいる。風化すると、基盤岩は茶色から黒い灰色 茶色を呈している。これらの地層は40-60フィート(12.2-18.3 m)の深さで非酸化しているため、非常に黒くなっている。岩盤の材料は、厚い頁岩層であり、一般に、局所的に中等程度破碎されて

おり、粘土が富んでいる場合、非常に破碎されている状態になる。一般に、材料はわずかに破碎されているところで非常に堅い。深く掘ると、非常に堅い粘着性のゾーンは一般的に見つけられる。

地すべりの直下にある基盤岩は 15 20 フィート(4.5-6.1 m)厚い粘土質シルト岩層と粘土岩層からなる。これらの層は非常に柔らかく、異なる方向からせん断されている。現地の観察によると、当地すべりはこの粘土層の上の面に沿ってすべり面が発達している。

残積土は近くに露出している岩石の風化物である。その中に、有機物を大量に含まれているシルト、粘土、砂が適当な割合で分布している。これらの土の厚さは数インチから 5 フィート(1.5 m)までと異なっている。

沖積層は、溪床にある堆積物に限っている。中には、未圧密のシルト、砂、れきと少量の粘土が分布している。地すべり範囲では、これらの沖積物の厚さはおよそ 10 フィート(3.1 m)である。

現場の土は何だかの処理をされたら、盛り土材料として使える。岩盤における深い発掘すること以外、現場の土は一般の機械でも容易に掘削できる。

### **現地すべり土塊の土質特性**

地すべり範囲で行った地下調査は、地すべり土塊の土質特性とその下にある岩盤を目的とした。そして、ボーリングを掘削する際に、すべりのコアを記録した。

地すべり土塊の中央の部分は Topanga 層群の地層からなる。多くの露頭では、層状で産出しているシルト岩と砂岩が異なる厚さで観察される。滑落崖部分と地すべりの周囲では、大きなクラックが発達し、地層が乱されている。

また、地すべり周辺と末端部の地すべり土塊は大きな間隙を含まれており、ゆるい構造を呈している。これらの地域では、これからの長い間に大きな沈下が予想される。

### **地質構造**

地質資料によると、地すべり地域の基盤岩は東西方向の走向を持ち、水平面から 12-39 度で南方向に傾斜している。また、この傾斜状況は広域の地層分布と一致している。いわゆる、この地すべりは流れ盤構造を有している。

この地すべり地の北には Temple Hills 断層がマッピングされている。この断層はどうも活断層ではないようである。しかし、北東方向と南西方向に傾斜し、北西

方向の走向を持っている二つの平行しているせん断帯は地すべり地域の基盤岩に通過していることが調査結果に記録されている(CDMG, 1976)。その中の一つは地すべり地域で露出しており、今回の地すべりの東境界になっている。そこで観察されたこのせん断帯は北西 40 度の走向を持ち、南西方向に 54 度の傾斜角を持っている。地すべりの東境界はこのせん断帯の延長方向にあることが確認される。

CDMG のマッピング結果、空中写真、と地すべりの地形から総合的に見ると、二番目の断層は今回の地すべりの西境界に推定されている。この推定されたせん断帯は北西 32 度の走向を持ち、東方向に 60 度で傾斜している。この地域で 1978 年に発生した地すべりの東南境界になっている。このような地質構造はこの地すべりの斜めですべている特性を制御していると推定できる。この推定は地すべり西境界で圧縮されていることに裏づけられる。残念ながら、この特性は西境界に埋められて、直接観測できなかった。また、南北方向に走向している同性質の断層が地すべりの近くを通過したことが 1978 年の地すべり調査する際に、推定されていた。

Madison Place の袋小路尾根の南を横断し 3 番目の断層は、1000 Flamingo 車道の後ろに切り土によって露出されている。この断層は、東西方向の走向を持ち、南方向に 80 度ほど垂直に傾斜している。この断層は今回の地すべりの北境界になっていることが確認できた。そこには、変形と、地層の曲げ、あるいは不連続現象が観察される。

## 地下水状況

ボーリング調査によると、中程度深さの地下水面が地すべり地に存在している。地下水面は以前の峡谷底標高と一致し、北へ段々高く上がっていく。岩盤から何らかの小さい浸出が観測されたが、地下水の大部は亀裂に浸透していると推定できる。地すべり中央にある BA-8 のボーリング調査結果によると、70 フィート(24.1 m)の深さ間隔の下に亀裂からの湧水流速が 1 分あたり 228 - 380 リットルまで変化している。おそらく、昨年冬にあった降雨の浸透は地すべり地の地下水位を上昇させたと考えられる。

## 降雨状況

Laguna Beach 市は、およそ 12.4 インチ(31.5 cm)の平均年間降水量を受けていると計算されている。歴史的な記録から見ると、この降雨の大部分が、11 月から 4 月まで降るが、1 月から 3 月に集中している。記録された 2004-2005 の降雨もこの

パターンに従っている。しかしながら、10月、12月、1月、および2月の降雨合計は月平均をかなり超え、降雨期の29.9インチ(75.9 cm)の中に24.7インチ(62.7 cm)を占めた。明確に、降雨期の半分以上が1月と2月の降雨に占められた。日雨量を見ると、これらの降雨は長くて、連続しているため、浸透量が大きく、流出量が少ない結果になってしまい、地すべり誘発にきわめて危険な状況を提供していた。1月と2月の異常降雨のために、オレンジ郡を含んでいて南カリフォルニア州の幾つかの郡には、国レベルの災害宣言が二回も出された。

1978と2005年の月降雨量記録の比較は添付の図に示される。1978年の崩壊を誘起した降雨パターンと降雨量は、2005年の降雨と非常に似ている。重要なのは、1978年の崩壊は集中降雨後に6カ月で発生し、2005年の崩壊は集中降雨後の4カ月に発生している。地すべり土塊への地下水の浸透速度が遅いため、地すべり地内の地下水位を上昇させるのはすぐできないため、このような遅れは決して珍しくない。

## **地震活動**

この地すべりの発生と地震の関連性を解明するために、南カリフォルニア地域を対象に、2005年6月1日に発生したこの地すべり発生前72時間の地震記録を優先的に再検討した。その結果、その期間の最も大きい地震が2005年5月31日にCalimesaの東で2.9M地震と、地すべり発生当日の朝にLanders地域の2.1M地震があった。地すべり地域では、この二つの地震による加速度記録が全くない。地すべり地から震源の距離と地震規模を考えると、今回の地すべりは地震活動に全く関係がないと考えてもよい。

この地すべり発生後2005年6月16日にYucaipa地域で4.9Mの地震が起きた。この地震によって、Long BeachとSanta Ana地域で記録された地面加速度はそれぞれ0.02gと0.03gのであった。この地震によって、地すべり土塊には運動の様子がなかった。

## **結論**

1. 不利な岩盤構造と地形状態は何千年間もこの地域に存在しているが、異常な季節降雨によって上昇した高い地下水は今回の地すべりの発生原因となっている。地震活動、峡谷浸食、開発行為、またはインフラによる漏れは地すべりの発生に関係していない。



2. 2005年6月1日の朝に発生した Bluebird Canyon 地すべりは全体滑りタイプの地すべりであった。調査の結果より、地すべりは Topanga 層群の中の岩盤に、構造的に乱されていた相対的に還元されている粘土岩層とシルト岩層の中で地すべり面が形成され、地すべりの発生規模は北、東、そして西にある岩盤断層に制御されている。
3. 今回の地すべりより、Flamingo Road に沿った地下と地上の公共施設が破壊された。また、Bluebird 峡谷排水路を 60 フィート(18.3 m)の地すべり堆積物で堰き止め、19 軒の私邸を破壊した。すべり面に沿ったクリープ的運動、と鉛直方向の沈下は当分の間に暫く続くだろう。
4. Bluebird 峡谷排水路は峡谷下部に沿って、72 インチ(1.8 M)の雨水管を設置することによって復旧できる。臨時排水、保護などは必要である。
5. 滑落崖部分の対策として、ケーソン、土留めアンカー工法、およびグレードビーム擁壁を用いることができる。このシステムは永久的な安定性を Flamingo Road 袋小路の住居、Madison Place に提供でき、また破壊していない部分を強化することができる。
6. もっとも重要な地すべり土塊の安定化工法として、土留めアンカー工法が有効であると考えられる。土留めアンカー工法の実用性と信頼性はすでに実証され、今回の地すべり対策として、使うべきである。

### 地すべり土塊安定化対策

地すべり土塊の安定化対策として、地表面排水、斜面の整理、そして土留めアンカー工法を用いて、滑落崖と地すべり末端部で実施することとなった。

2005年10月17日現在、当地すべりの整理・整備は地域に大きな関心を払われている。添付して地元新聞により、参議院議員も現地に視察し、国会からの支援も考えているようである。また、地元のコンサルタントによる末端の対策工の施工が現在進行しており、アンカー工法を用いた表層崩壊防止の事例として、今後も関心をもって注目していこうと考えている。

土留めアンカー工法とは、土留め背面の地盤中にアンカー(定着体)を設置し、土留め杭とその定着体を引張鋼材により結合して土留めに作用する土圧に対抗する方式である。土留めアンカー工法では、アンカーを斜面表面にほぼ垂直的に貫入し、ねじを持っているため、周りの地盤との接着は非常に強い。アンカー頭部では、H鋼の抑制杭を鉛直に設置し、杭にアンカー頭部固定用の切り口を開け、アンカー

頭部を固定する。アンカー東部とH鋼との接続にねじを用いることによって、アンカーにかかるストレスを調整可能である。

**謝辞：**この現地調査には、日本アンカー協会の研究助成金によって実施しました。現地調査の際に、国際斜面災害研究機構の皆さん、米国地質調査所地すべりチームの Paula Gori 女史、米国地質調査所地すべり資料センターの Lynn Highland 女史にお世話になりました。記して、感謝の意を表す。

### **参考文献**

- Consolidated Geoscience, Inc. 2003. Geotechnical Review of Site Plan and Previous Geotechnical Reports, Lot 52, Tract 1252, 935 Oriole Drive, Laguna Beach, California. Project No: 03-322-03-01, dated March 12, 2003.
- Earl R. Morley, Jr., Engineering Geology. 1979. Geologic Commentary on Landslide Location, McCalla Property (Tentative Tract 10052, City of Laguna Beach, California, Project No. 854-129, dated December 10, 1979.
- Earth Research Associates, Inc. 1977. Preliminary Soils Engineering, and Engineering Geologic Investigation, McCalla Property, City of Laguna Beach, California, Project No. N.N. 309-77, dated August 10, 1977.
- Earth Research Associates, Inc. 1979. Addendum to Preliminary Soils Engineering and Engineering Geologic Investigation, McCalla Property, City of Laguna Beach, California (Tentative Tract No. 10052). Project No: J.N. 309-77, dated September 12, 1979.
- Fred Pratley, Geologist. 1985. Engineering Geologic Updated Investigation, Vacant Land Between Flamingo Road and Oriole/Bluebird Canyon, Laguna Beach, California. dated April 23, 1985.
- Fusco Engineering. 2005. Conceptual Grading Plan, Bluebird Canyon. Plan Projects 378/05/Eng/Exhibits/ 37805-XH-CON-GRD-SK.DWG, dated July 15, 2005.
- Ian S. Kennedy, Inc. 1989. Report of Investigation, Geologic and Foundation Conditions for Proposed New Residence, Private Access Driveway Off Oriole Drive and Retaining Walls, 925 Oriole Drive, Laguna Beach, California, Job No. 97-117. Dated July 31, 1989.

- Ian S. Kennedy, Inc. 1990. Addendum to Previous Reports and Review of Current Plans of Proposed Access Driveway and Residential Structure, 925 Oriole Drive, Laguna Beach, California. Job Number: 89-73, dated March 31, 1990.
- Ian S. Kennedy, Inc. 1998. Report on Geologic/Soils and Foundation Conditions for Proposed New Residence and Improvements, Lots 52 and 53 of Tract 1252, 935 Oriole Drive, Laguna Beach, California. Job Number: 98-060, dated June 19, 1998.
- Ian S. Kennedy, Inc. 1998. Fourth Response to Geotechnical Review Checklist, dated September 10, 1998, 925 Oriole Drive, Laguna Beach, California (925 Oriole LLC Project). Job Number: 97-117, dated September 11, 1998.
- Ian S. Kennedy, Inc. 1999. Report of Investigation, Geologic/Soils and Foundation Conditions for Proposed New Residence Private Access Driveway Off Oriole Drive, and Retaining Walls, Lot No.'s 24-27, Tract 2218, 1000 Flamingo Drive, Laguna Beach, California. Job Number 99-085, dated November 30, 1999.
- Ian S. Kennedy, Inc. 2000. First Response to Geotechnical Review Checklist, dated December 22, 1999, (Lahijani Residence), 1000 Flamingo Drive, Laguna Beach, California. Job Number 98-085, dated November 30, 2000.
- Ian S. Kennedy, Inc. 2001. Second Response to Geotechnical Review Checklist, dated January 18, 2001, (Lahijani Residence), 1000 Flamingo Drive, Laguna Beach, California. Job Number: 98-085, dated January 22, 2001.
- Ian S. Kennedy, Inc. 2001. Third Response to Geotechnical Review Checklist, City of Laguna Beach, dated February 13, 2000, 1000 Flamingo Drive (Lahijani Residence), Laguna Beach, California. Job Number 99-085, dated March 6, 2001.
- Ian S. Kennedy, Inc. 2004. Report of Investigation Geologic/Soils and Foundation Conditions for Proposed New Residence, Lot No. 33, Tract 2218, 1053 Flamingo Drive, Laguna Beach, California. Job Number 03-75, dated February 28, 2004.
- Ian S. Kennedy, Inc. 2005. Letter on Response to City of Laguna Beach Geotechnical Review Checklist (dated March 29, 2004), for Proposed McKeon Residence, Lot 33 of Tract 2218, 1053 Flamingo Drive, Laguna Beach, California. Job Number 03-75, dated April 8, 2005.
- Leighton and Associates, Inc. 1978. Geologic Soc. America, 82<sup>nd</sup> Annual Meeting, Cordilleran Section, Guidebook and Volume, Emergency Repair Operations for the Bluebird Canyon Landslide of October 2, 1978.

- Leighton and Associates, Inc. 1978. Bluebird Canyon Landslide, City of Laguna Beach, California, Summary of Emergency Repair Measures.
- Leighton and Associates, Inc. 1978. Geotechnical Report of the Bluebird Canyon Landslide, Emergency Measures, Phase 2, City of Laguna Beach, California. Project No: 178515-02, dated December 16, 1978.
- Leighton and Associates, Inc. 1979. Final Geotechnical Report of Emergency Repair Operations, Bluebird Canyon Landslide of October 1978. Project No: 178515-05, dated August 24, 1979.
- Peter and Associates. 1986. Preliminary Soil Investigation, Lot 52 and Lot 53, Tract 1252, Laguna Beach, California 92651. JN86G6142, dated December 16, 1986.
- Peter E. Borella, Ph.D. 2000. Geotechnical Investigation and Recommendations for New Residence and Pool, 919 Bluebird Canyon Drive, Laguna Beach, California. dated June 8, 2000.
- Westland Associates Ltd. of California. 1980. "Supplemental Geotechnical Evaluation, Tentative Tract 10052, 719 Bluebird Canyon Drive, Laguna Beach, California. Project No. 1167, dated January 23, 1980.

付録：関係地図，写真と新聞

MAPQUEST.

★ Laguna Beach, CA US



図 1 Laguna Beach の位置図

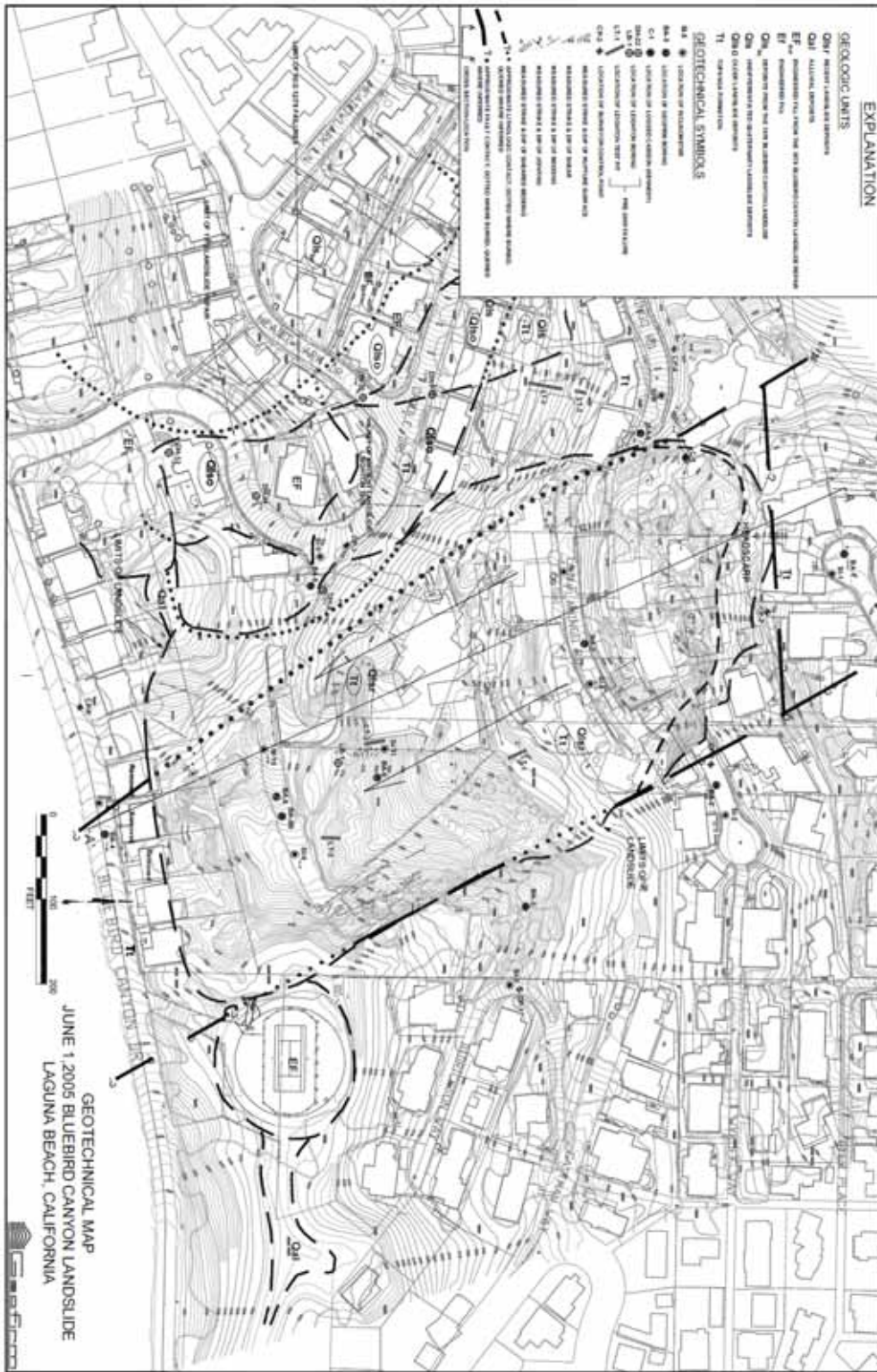


図2 Bluebird Canyon 地すべり平面図



図3 Bluebird Canyon 地すべり直交写真平面図



図4 Bluebird Canyon 地すべりの全景 ( P. Irvine, 2005年6月2日撮影 )

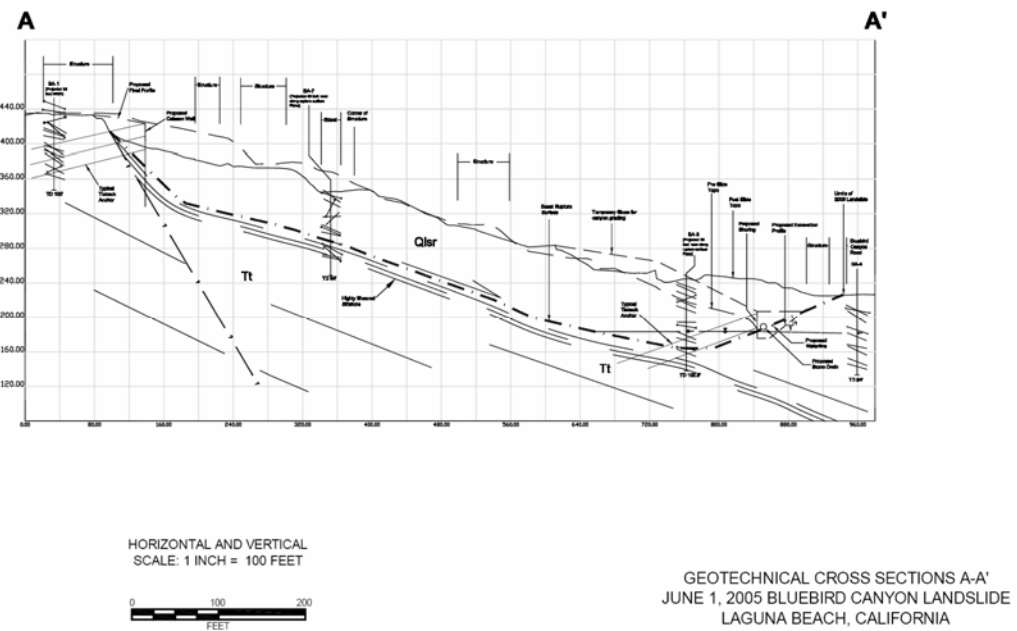


図5 Bluebird Canyon 地すべり A-A'断面図





06-02-05 Bluebird Landslide of 06-01-05 GEOFIRM

図6 Bluebird Canyon 地すべり発生後の斜め写真(2005年6月2日 GeoFirm 撮影)

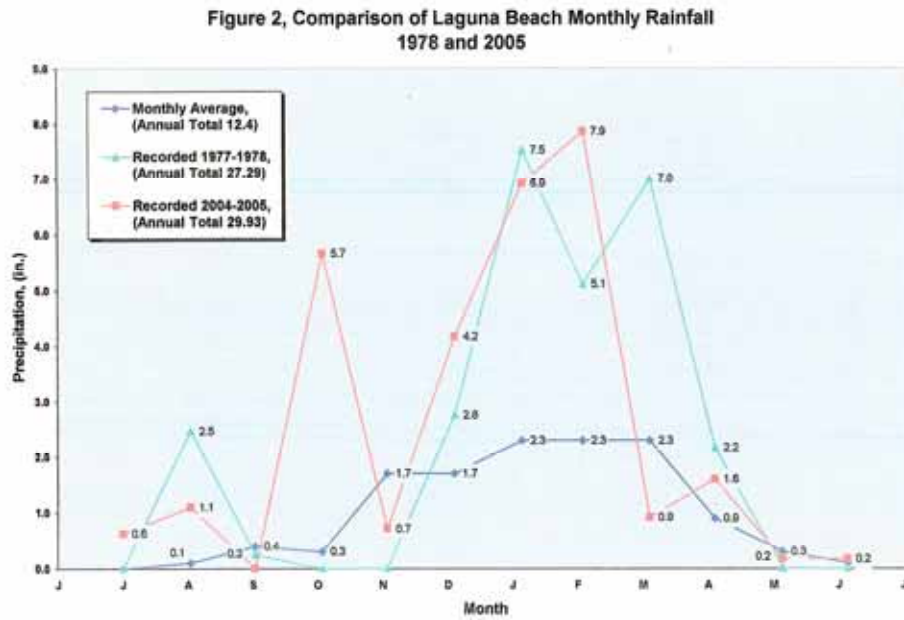


図7 Bluebird Canyon 地すべり地 1978年と2005年における年間降雨量の対比



06-03-05 Bluebird Landslide of 06-01-05 GEOFIRM

図 8 Bluebird Canyon 地すべりの斜め写真(全景)(GeoFirm2005年6月3日撮影)



06-03-05 Bluebird Landslide of 06-01-05 GEOFIRM

図 9 Bluebird Canyon 地すべりの斜め写真(全景)(GeoFirm2005年6月3日撮影)



図 10 Bluebird Canyon 地すべりの左境界 (GeoFirm2005年6月3日撮影)



図 11 Bluebird Canyon 地すべりの頭部写真 (GeoFirm2005年6月3日撮影)



図 12 Bluebird Canyon 地すべり頭部での崩壊状況 (GeoFirm2005年6月7日撮影)



図 13 米国参議院議員 Diane Feinstein が Laguna Beach 市長 Elizabeth Pearson Schneider の説明を受けて、Bluebird Canyon 地すべり現場を視察している様子 (Laguna Beach 独立新聞)



図 14 Bluebird Canyon 地すべり末端部でのアンカー設置現場作業状況（H 鋼の壁は先に設置完了している）



図 15 Bluebird Canyon 地すべり末端部での留めアンカー - 抑制杭システム，アンカー頭部の固定は未完成である



図 16 留めアンカー - 抑制杭システムのアンカー頭部状況



図 17 Bluebird Canyon 地すべり末端部での留めアンカー - 抑制杭システムのアンカー頭部と H 鋼の接合部分



図 18 留めアンカー - 抑制杭システムの設置風景（アンカー貫入）

