摘要

導論

加利福尼亞州交通部 (Caltrans, per its acronym in English) 和洛杉磯縣城市交通管理局 (Metro, per its acronym in English) 提出了在區域內為延長州際公路 (I-)710 的隧道，區域如圖 1-1 所示。此工程之意圖是為了紓緩此區域內的交通擠塞及改善空氣品質。 2006 年，Metro 對於連接在山谷大道的 I-710 至州際公路 (I-) 210 的隧道完成了一次可行性評估研究。 2008 年，加州交通部請一個由 CH2M HILL 領導的團隊，對以下如圖 1-1 所示之工程範圍內的實際交通路線的地質條件進行評估。在加州交通部岩土工程部門及 CH2M HILL 團隊共同進行的研究計劃中，內容包括計畫勘探程序方案，進行實地勘探和岩土數據的評估。CH2M HILL 團隊包括 CH2M HILL、Earth Mechanics, Inc. (EMI) 、Jacobs Associates (JA) 及 ILF。

該工程區域已被定義為介於 I-10 以南，州公路(SR-)2 以西，I-210 以北，和 I-605 以東。基於當地社區之要求，這項研究是遵循“路線中立”之原則對 I-710 實行擴展。路線中立意味著所有的路線得到同等的重視以及隧道並未傾向任何路線。它亦要求對於擴展 I-710 所有實際可行的路線都要加以考慮。根據路線中性的概念，加州交通部和 CH2M-HILL，確定了五個研究區域，如圖 1-2，代表為延長 I-710 的可能性隧道。

此次岩土工程研究之目的是為了確定被選定之研究區域內的地質、地下水和地震條件，以指出在設計和建造隧道上，將影響岩土工程可行性之因素，並提供一個基礎給關於隧道設計及施工的地質條件比較。

為此研究之目的，隧道的底部(bottom)被假定為距地面以下約 200 英尺(bgs, per its acronym in English)而隧道直徑則約為 50 英尺。我們的理解是，對於隧道之輪廓及結構的詳細評估，將在未來的環境文件階段之中陸續完成。

以下是本執行摘要的小節，提供了對此計畫提交出的工程概要。

數據收集和審閱

這項任務涉及有關此五區域之地表和地下條件的全面彙編、報告審閱和公共及私人出版物。收集和審閱任務的完成是為了建立這些區域的背景資料，以指導實地工程探勘計畫。

資料收集來自於公共機構包括加州交通部(Caltrans, per its acronym in English)、美國地質調查局（USGS, per its acronym in English）、加州地質調查局（CGS, per its acronym in English）、加利福尼亞州交通部（Caltrans, per its acronym in English）、南加州地震中心（SCEC, per its acronym in English）、加州石油和地熱資源分部（CDOGR, per its acronym in English）、洛杉磯市，洛杉磯縣公共工程部-岩土與材料工程部（LACDPW, per its acronym in English）、加州水資源部（CDWR, per its acronym in English）、聖迦谷 Watermaster（MSGW, per its acronym in English）雷蒙德流域管理委員會（RBMB, per its acronym in English）和 Dibblee 基金會。此外，也對其他未發表的報告進行了審閱。

歷史上和近期的航拍照片也被拿來進行檢視，以辨識可能是地震斷層的地面表現之線性地形排列線和植被排列線。在惠特學院(Whitter College) 內的 Fairchild 收藏中的黑白照片則是被用來作為線性構造分析的主要照片。

實地探測計劃

現場實地探測可以提供額外的數據來判定隧道區域內之地質和地下水狀況。探索鑽探和地球物理調查也已完成來確定土壤/岩石單位之特點，以及估計在研究區域內，預期中地質組成的界限。

實地調查計劃包括核心的鑽孔，地質勘察，和地球物理調查。實施鑽探和地球物理調查的地點，是根據對現場觀察和現有的岩土工程及地質資訊之審閱所做的選擇。 25 個核心鑽孔、17 個地震反射線和 78 個多道面波分析（MASW, per its acronym in English）被完成以用來表徵地表下條件。表 ES - 1 總結了探測計劃，其中包括每個區域裡先前之鑽孔。

表 ES-1
探索摘要

區域	可用的先前鑽孔數量	目前研究中的鑽孔數量	地震反射線數量	面坡線數量	約略的區域長度(英哩)
1	74	7	4	20	5.0 至 5.5
2	61	5	3	12	5.0 至 5.5
3	40	12	6	24	4.5 至 5.0
4	34	1	2	10	6.0 至 7.5
5	77	0	2	12	9.5 至 11.0

加州交通部岩土工程部和 CH2M HILL 完成了核心鑽孔。交通部完成 13 個鑽孔，其餘鑽孔已由 CH2M HILL 團隊完成。土壤和岩石核心的代表性樣品，是由每個鑽孔所取得。被選擇的土壤和岩石樣本在實驗室中進行了測試，以確定在此研究中面臨的不同地質材料的性質。在完成鑽井之後，除了三個鑽孔外的所有鑽孔都被轉換成為監測地下水位的水位井。

在被選擇的鑽孔中，現場的測試和孔下測量已完成，並以測量結果決定所選的實地土壤/岩石單位之物理特性和工程性質。這些測試/調查包括壓力表測試(pressuremeter tests)、卡尺測試(caliper tests)、聲波造影儀（ATV, acoustic televiewer）、孔下壓縮波(compression wave)和剪力波測量(shear-wave velocity measurements)、自然伽馬(natural gamma)和電阻率測量(resistivity logging)和水流試驗(packer tests)。

地區地質、斷層和地震活動

SR – 710 計畫區域包括部分的聖迦谷 (San Gabriel Valley) 、南聖拉斐爾山 (Southern San Rafael Hills) 、樂園丘陵 (Elysin Hills) 、和洛杉磯-帕薩迪納 (Pasadena) 地區的雷佩托丘陵 (Repetto Hills) 區域 (圖 4-1）。這些區域位於一個介於西北、東南趨勢半島山脈(Peninsular Ranges)地理範圍以南和東西向的橫向山脈(Transverse Ranges)範圍以北的過渡地帶。關於地區地質的詳細描述將載於本報告第 4 節。

該計劃區域位於第四紀時期的沖積層(大約低於 200 萬年) 、第三紀時期沉積岩（約 200 至 1600 萬年）、和古老的結晶基底複岩（火成岩和變質岩超過 12,000 萬年）之上。表 ES - 2 提出了在工程範圍內之地質單位的一般地質層。

表 ES-2

計劃特定之地層柱

地質單位/層組 名稱	地圖符號	地質時代 (時期)	大致年齡 (年)	概括描述
年輕的沖積層	Qa, Qg, Qal	全新世 （第四紀）	0 至 10,000	沙和礫石隨著分散的石塊、 卵石及泥沙和粘土層/鏡狀帶;河道和扇型層積。沒能確定的透鏡不連續層理。
老舊的沖積層	Qae, Qalo, Qoa, Qof, Qt, Qvoa	更新世 （第四紀）	10,000 至 200 萬	沙和礫石隨著分散的石塊、 卵石及泥沙和粘土層/鏡狀帶;河道和扇型層積。沒能確定的透鏡不連續層理。
費爾南多 (Fernando)	Tfcg, Tfss, Tfsl, Tfs, Tfr	上新世 （第三紀）	200 至 500 萬	主要為粘土岩、 粉砂岩和泥岩，伴隨著部分的砂岩和礫岩。大規模的海相沉積。.
朋地 （包括蒙特雷，莫德洛和無名頁岩	Tpsl, Tpsh, Tpds, Tpss, Tpun, Tmy, Tmss, Tmsh, Tmlv	晚中新世 （第三紀）	500 至 1100 萬	粘土岩、 粉砂岩、 矽藻土粉砂岩、泥岩、 頁岩和砂岩。葉層至薄葉層且局部厚層的海相沉積。
多盤加 (Topanga)	Ttss, Ttcg, Ttsl, Ttqdc, Ttsc, Ttqdb	中中新世 （第三紀）	1100 至 1600 萬	粉砂岩、 泥岩、 砂岩和礫岩，伴隨著當地火山侵入。薄至厚層狀的海相沉積。
地下室複雜岩	Wqd, Wqg	白堊紀與前白堊紀	1100 至 1600 萬以上	結晶岩漿岩（閃長岩、 石英閃長岩、二長岩、 葉理狀火成岩）和層狀變質岩（片麻岩）。

幾個活動斷層、潛在活動斷層、休止斷層穿越過計劃區域。在本計劃區域內被認定為活動斷層的包括雷蒙德(Raymond)斷層及亞罕布拉排水渠(Alhambra Wash)斷層。雷蒙德斷層穿越了計畫中的 2、3 和 4 區，且被認為是本計畫中最重要之斷層。亞罕布拉排水渠斷層則是預計會穿越過 4 和 5 區。在此研究區域中，主要的潛在活動斷層為是鷹岩(Eagle Rock) 、聖拉斐爾(San Rafael)和沿著約克大道山谷(York Boulevard valley)南側之無名斷裂帶。關於以上和其他斷層的詳細說明將提供於 4.2 節。

地下水情況

通過文獻審閱結果，決定了區 1 至區 5 將橫跨南部海岸地區水文中的 5 個獨立的地下水域（CDWR, per its acronym in English，2003 年）：

•第 1 區的洛杉磯河 (Los Angeles River) 部分位於 SR – 110 的北方，而沿著鷹岩大道（第 2 區最西邊部分）的廣大山谷則是聖費爾南多谷地下水域 (San Fernando Valley Groundwater Basin) 之一部分。

•部分洛杉磯河位於 SR – 110 南方，阿羅約塞科 (Arroyo Seco) 和所有其他水系位於第 1 和 2 區的東邊部分，3 區的西南部分則是洛杉磯地下水域-中央分水域 (Central Sub-basin) 裡沿海平原 (Coastal Plain) 的一部分。一部分的鷹岩水域則是位於 2 區中的西北區域。

•第 3 區跨越三個獨立的地下水域：在西南方的中央小組水域，在東南方的聖蓋博谷地下水域 (San Gabriel Valley Groundwater Basin) ，和在北方的雷蒙德地下水域。

•第 4 區坐落於兩個地下水域：在南方的聖蓋博谷地下水域和在北方的雷蒙德地下水域。

•最後，第 5 區唯獨位於聖蓋博谷地下水域。

在此研究區域中的地下水水位變化相當大，以至會發生深蓄水層和淺棲息區。在這些研究區域中，一些斷層會如同地下水阻隔層一般，在斷層兩邊有著不同的高度。盡量落時控制措施，避免沖積層在隧道挖掘過程中有可能發生進流。地表下的岩層含有地下水但不含蓄水層。然而，可能會在斷層/或岩石中的破裂區塊裡發現獨立個別的地下水。在隧道施工和執行期間，對地下水的影響應保持在最小，且挑選隧道施工技術，以影響地下水資源致至最低限度。地下水情況的進一步細節將於本報告第 5 節提供。

危險性物質

在此研究區域內，對於危險性物質的潛在危險的評估方面， 13 個由加州交通部(Caltrans, per its acronym in English) 完成的鑽孔的鑽探是以 3 個初步場址評估（ISAs, per its acronym in English）的

資訊進行評估，而整個研究區域則是由有限的環境現場評估（ESA, per its acronym in English）完成評估。

初步場址評估和有限的環境現場評估指出，於此 5 個研究區中，有幾處已顯示出有土壤已及地下水汙染的問題。

最重要的污染問題是國家優先整治（NPL, per its acronym in English）的兩個地點於第 1、4 和 5 區中。這兩個國家優先整治地點（也稱為超級基金場址; Superfund sites）為聖費爾南多谷超級基金場址（1 區）和聖蓋博谷超級基金場址（4 和 5 區）。這些場址已知為地下水污染地點。

大多數地下水污染是由於含氯的揮發性有機化合物（VOCs, per its acronym in English）所導致，其原因是由於過去在該地區的工業活動。因此，對於可能會面臨已污染的地下水的方面，應在隧道的設計中予以考量，並且在施工方法內應包含汙染物封裝防護的方法。

除上述國家優先整治地點，在每個區域內亦有大量的小型土壤和地下水污染地點。對於隧道的設計，因為隧道的深度和大部分地點較小，這些地點被認為未比那些國家優先整治地點來的重要。有關於危險性物質進一步的細節將於本報告第六節予以詳述。

地區地質情況描述

對於每個區域之地質情況的初步評估將在下文中總和討論。

第 1 區的地質情況

根據區域範圍之內的評估結果，基於隧道設計和施工考量（順著板塊 5 所示的概括的地質剖面）之關鍵地質因素為：

•地表下情況在此區域內大部分相當一致，其大多主要由普恩特層組 (Puente Formation) 的弱沉積岩所組成。一般來說，這個區域的層組主要由砂岩、粉砂岩和頁岩所組成。在當地，於洛杉磯河的入口處附近及淺水區亦有潛在的可能發現沖積層（或土壤）。

•岩體通常只是輕微破裂。雖然可能有幾個潛在活動斷層會出現，但在地圖上並沒有顯示有活動斷層活動於這個區域範圍內。

•大多數岩石被認為是弱到中等弱，然而，在普恩特層組 (Puente Formation) 中可能有一個較強硬的膠結層和積聚構造。

•在此區域內的部分區域，在沖基層內的地下水位較為淺（約地面以下 20 至 50 英尺）。除了洛杉磯河的下方有此可能，岩體被認為不會傳輸大量地下水進入隧道。在此區域，補注水源入河可導致大量的地下水的持續流入。地下水的高流入也將發生在飽和沖積地區的流入處。

•在 1 區限制內而沿著洛杉磯河上的含水沖積材料，被認為是容易液化（CDMG, per its acronym in English，1999d）的地區，寬鬆的粘性土壤則會發生在地下水接近地面的區域。

•一個位於區域中西北部分的超級基金場址，可能是此隧道中污染土壤和地下水的來源。這種關注主要是在於入口地區和隧道的途徑挖掘。

•此區有相對較高的可能將遇到自然產生的氣體（甲烷和/或硫化氫）。

第 2 區的地質情況

根據區域範圍之內的評估結果，基於隧道設計和施工考量（順著板塊 6 所示的概括的地質剖面）之關鍵地質因素為：

•地表下情況在此區域內大部分相當一致，其大多主要由普恩特 (Puente Formation) 和多盤哥 (Topanga) 層組的弱沉積岩所組成。該普恩特層組包括佈在區域內南部的砂岩，粉砂岩和頁岩分。粉砂岩和砂岩形成的多盤哥層組預期將分佈在北部的部分（板塊 6）。此外，根據隧道的位置，也可以會發現面臨費爾南多層組的砂岩和聚積結構。沖積層（或土壤）預期會在當地的入河口處發生。

•岩石通常是中度破裂。幾個潛在活斷層將會在出現在此區域（板塊 1）。該活動的雷蒙德斷層穿過區域的西北角，而可能會在的入口區域內/或開挖隧道的途徑上遭遇。雷蒙德斷層上能夠產生範圍 6 至 6.7 Mw(earthquake moment magnitude)的地震，而造成隧道約 2 至 4 英尺的水平位移。

•大多數岩石被認為是弱到中等弱，然而，在普恩特和多盤哥層組中可能有一個較強硬的的膠結層和積聚構造。

•在沖積河谷內的地下水為淺（約地面下 20 英尺），但它被認為是在床岩上堵堤成水。岩體普遍具有低滲透性，因此不預期能將大量地下水傳送進隧道，只可能在入口處發生飽和沉積層。

•一些小部分的土壤和地下水污染，其與兩個加油站有關係，可能會導致於入口處和隧道途徑挖掘發現危險性物質。

•CDMG（1999d）指出在排水系統內的沖積物質顯示，當第 2 區的地下水的位置是在鬆散的粘性土壤裡，是為容易液化的區域。

•此區有相對較高的可能將遇到自然產生的氣體（甲烷和/或硫化氫）。

第 3 區的地質情況

根據區域範圍之內的評估結果，基於隧道設計和施工考量（順著板塊 7 所示的概括的地質剖面）之關鍵地質因素為：

•地表下情況隨著隧道深度各不相同，包括疏鬆土壤沉積（沖積）、弱沉積岩（普恩特、費爾南多和多盤哥層組）、強硬的花崗岩基底岩石（閃長岩或石英閃長岩）。

•岩石強度差異很大，範圍自在此區域的沉積岩（這是非常弱至弱）至較高強度的花崗質岩石。可能有一個較強硬的的膠結層和積聚構造在普恩特和多盤哥層組之中。強烈的火山流、岩脈，或岩床也出現在此雷蒙德斷層以南的無名的斷層帶。此外，卵石和石塊預期可見於此區內之北部部分，而在多盤哥層組內則有積聚結構和沖積層。

•雷蒙德斷層的聖拉斐爾斷層皆為地下水阻隔層。地下水深度各不相同，淺處由雷蒙德斷層附近自 50 英尺(bgs) ， 至位於此區域內北、南兩部分，皆超過 100 英尺。聖拉斐爾斷層兩相對邊的地下水海拔相差大於 100 多英尺。岩層預期中不會傳送大量地下水進入隧道。然而，當隧道建於飽和沉積岩，就有可能遇到地下水。

•有一個活動，兩個潛在活動的和一些不活動的斷層在這個區。雷蒙德斷層正處於活動狀態，並且能夠產生地震範圍在 6 至 6.7 級，能產生每年約 2 至 4 英尺隧道位移。聖拉斐爾和鷹岩斷層和未命名斷裂帶的活躍情況是未知的，潛在的活動和非活動斷層可能成為地下水的障礙。

•CDMG（1999d）確認沖積水系內的沖積材料使得區域 3 變成潛在容易液化的地區，該地區的地下水則位在鬆散的粘性土壤。

•兩個位於北部的輕微土壤污染的地區因為實際隧道入口位置的關係，可能影響這個工程。

•南部部分區域的透水性普恩特組（板 7）有中度的可能性會使自然產生的氣體（甲烷和/或硫化氫）互相交會。

第 4 區的地質情況

根據區域範圍之內的評估結果，基於隧道設計和施工考量（順著板塊 8 所示的概括的地質剖面）之關鍵地質因素為：

•地表下情況在此區域內大部分相當一致，並且包括在南端附近區域含有數量有限沉積岩（費爾南多和普恩特層組）的老沖積層。大部分隧道預計在舊沖積層。老沖積層被普遍預期為非骨水泥和粗砂礫石層間沙，淤泥，粘土。在費爾南多層組(Fernando Formation) 將由粉砂岩和粘土岩所組成。普恩特層組(Puente Formation)將主要由粘土粉砂岩和粉砂質粘土岩（俗稱泥岩），以及一些砂岩組成。

•老沖積土壤展現低凝聚力（即低不排水抗剪強度）的強度特性。費爾南多層組(Fernando Formation)和普恩特層組(Puente Formation)由適度弱到軟岩所組成。卵石和石塊可以預期在舊沖積層出現。強水泥層和結核可能在普恩特層組(Puente Formation)。

•雷蒙德和阿罕布拉是跨越這個區域的活動斷層，這些斷層可能導致大地震期間的地表破裂。幾個第三年齡不活躍的岩石跨越在西南部分地區。

•在這個區域大部分隧道將在或低於地下水位。地下水深度不同，但它可被視為有低於地底下 100 英尺。雷蒙德斷層是地下水的阻礙層; 歷史上，在北邊的地下水斷層最淺。地下水流入可能發生在飽和沖積層地下水位下的隧道。

• CDMG（1999d）確認沖積水系內的沖積材料使得區域 4 變成潛在容易液化的地區，該地區的地下水則位在鬆散的粘性土壤。

•美國環境保護局有一個大約位在此區的西南方且受到污染的超級基金場址 (Superfund Site) 。美國環境保護局（USEPA, per its acronym in English）目前正在評估污染的嚴重程度，並會隨後簽署最終決議書（ROD, per its acronym in English）。六個其他場址也有各層次的土壤污染出現在這個區域，這些場址相當接近附近的隧道，且足以造成汙染的影響。大多數的場址位在北部附近的入口。

•因為有部分的隧道是普恩特層組 (Puente Formation) ，所以自然形成氣體的相遇的可能性並不高。

第 5 區的地質情況

根據區域範圍之內的評估結果，基於隧道設計和施工考量（順著板塊 9 所示的概括的地質剖面）之關鍵地質因素為：

•地表下情況在此區域內大部分相當一致，並且包括在南端附近區域含有數量有限沉積岩（費爾南多和普恩特層組）的老沖積層。大部分隧道預計在舊沖積層。老沖積層被普遍預期為非骨水泥和粗砂礫石層間沙，淤泥，粘土。在費爾南多層組(Fernando Formation) 將由粉砂岩和粘土岩所組成。普恩特層組(Puente Formation)將主要由粘土粉砂岩和粉砂質粘土岩（俗稱泥岩），以及一些砂岩組成。

•老沖積土壤展現低凝聚力（即低不排水抗剪強度）的強度特性。費爾南多層組(Fernando Formation)和普恩特層組(Puente Formation)由適度弱到軟岩所組成。卵石和石塊可以預期在舊沖積層出現。強水泥層和結核可能在普恩特層組(Puente Formation) 。

•活動的斷層及亞罕布拉排水渠 (Alhambra Wash) 斷層分布在第 5 區。不活動的工人山(Workman Hill) 斷層則分布在這個區域的西南方。

•在這個區域大部分的隧道位在或低於地下水位。由於地下水深度不同，有些地點淺度只有在地底下零英尺，沖積層的地下水會流入低於地下水位的隧道。除此之外這地區存有很多絕水層。

•里奧翁多 (Rio Hondo) 和聖蓋博河 (San Gabriel Rivers) ，以及補給湖泊，則常年位於此區的東部。

•有可能液化的一般區域（CDMG, per its acronym in English，1998 年，1998 年 b，1999 年，和 1999 年 b）是根據對淺層地下水的歷史最高水面和發生在第 5 區東部組成的淺沖積材料。此外，

此區東部有潛在液化的可能性是根據湖泊最東端的部分和常年流域的里奧翁多 (Rio Hondo) 和聖蓋博河 (San Gabriel Rivers)。

•美國環境保護局有一個受到污染的超級基金場址 (Superfund Site) 大約位在此區的中南方，這可能是造成土壤和地下水污染的源頭。七個其他場址也有各層次的土壤污染出現在這個區域，這些位在本區的東部或中央部分場址相當接近附近的隧道，且足以造成污染的影響。

•因為有部分的隧道是普恩特層組 (Puente Formation) ，所以自然形成氣體的相遇的可能性並不高。

隧道設計與施工中的岩土工程之考量

收集的訊息在這個工程被相對解釋為每個區的隧道施工設計。這些審查結果歸納如下：

第 1 和 2 區的地質條件

根據這次研究區域的隧道位置，區域 1 和 2 挖掘的隧道可能會在普恩特層組 (Puente Formation) 與塔邊加層組 (Topanga Formation)，和費爾南多層組(Fernando Formation)。這些地質層都由有相當類似特性的沉積岩所組成。稀有的水泥層和結核內的砂岩是這些形成(Formation)的一些固有的變異性。
區域 1 和 2 的隧道挖掘一般認為能使用現代隧道常規設備，例如用於截流管東北線（NEIS, per its acronym in English）工程的隧道掘進機（TMBs, per its acronym in English）。在洛杉磯地區數條隧道已經成功地構建通過這些地質層(Formation) 。區域 1 和 2 統一的地質條件將可簡化建設計畫。選擇/設計的隧道開挖設備有可能對膠結層和結核產生影響，隧道開挖設備可能降低隧道開挖率，然而，過去已有一些隧道順利完成在這些地質層 (Formations) 中。

第 3 區的地質情況

區域 3 可預期到多樣的地質條件。此區域可預見沖積層（土），低強度岩石，和高強度的岩石。普恩特層組 (Puente Formation) ，費爾南多層組(Fernando Formation) 與多盤哥層組 (Topanga Formation)，還有更強硬複雜的岩石都是組成基岩的材料。在本區的北部強膠結層或結核中可能出現在沉積岩層； 而卵石和石塊可能會在多盤哥層組 (Topanga Formation) 的沖積層和礫岩相遇。

一個通過區域 3 的隧道通常會遇到不同的地質條件，其中包括一些地質結構與範圍廣泛的強度和其他物理性質。比起前面討論的沉積岩，北部部分路線更強大複雜的岩石將可能需要更大的努力去挖掘。

雖然整個區域 3 有最令人不同岩層，但使用專門適合不同地質條件的機器或組合方法去挖掘還是可以在這個區域挖掘隧道的。

第 4 和 5 區的地質條件

第 4 和 5 區分別主要是由費爾南多層組(Fernando Formation) 與普恩特層組 (Puente Formation) 南埠和西埠的一些薄弱沉積岩組成的沖積層。大多數在此區提議的隧道將通過沖積層的挖掘。沖積層普遍預期是由無黏性和粗砂礫石層間沙，淤泥，粘土有潛質的卵石和石塊形成。

隧道通過沖積層比隧道通過岩石涉及較大的地表沉降潛力。第 4 和 5 區 以及 3 區的東部主要都由沖積層形成。沖積層也可能出現在附近短距離可達到第 1，2 和 3 的入口。預計大部分土壤在隧道深度將達到飽和，這增加了潛在的不穩定和地表沉降。專門隧道掘進機(TMBs, per its acronym in English) 的控制與利用土壓平衡（EPB, per its acronym in English）或泥漿的方法，可以拿來控制地面損失和地表沉降。因為地下水頭增加，使專門的設計和隧道掘進機 (TMBs, per its acronym in English) 操作變得更加複雜。由針對設計飽和沖積層的隧道開挖方法來挖掘其中載有卵石和石塊，以及沉積岩南部（區 4）和西部（區 5）的入口。

區 1 到 5 將需要在隧道入口表面挖掘沖積土壤。這些建設將需要控制地下水，地面控制穩定的降水，滲透注漿，噴注漿，或水密挖掘支持系統（如泥漿地下連續牆，目標樁，還是深層土壤結構牆）。如果沒有這些控制，潛在的高地下水，損失地面和地表沉降存在。雖然區域 4 和 5 的地質沒有區域 3 那麼多變化，但它的地質也不像和區域 1 和 2 那樣均勻。

活動和不活動的斷層

所有五個區都有大傾角的，活動的斷層。跨越這些斷層的隧道預計將包含裂隙岩體開挖，粘土泥，可變的地下水條件。如果斷層就像地下水的絕水層，地下水頭則可以差別很大。因此，跨越斷層區的潛在地下水流可以預期相差甚遠。斷裂帶通常小於 50 英尺寬，但斷層超過 1000 英尺寬也存在。此外，如果隧道穿過斷層的趨勢是斜的，隧道穿越斷層可能會遇到更大的斷層區。通常已沒有多大困難挖掘這些斷層通道如果使用配有適當的能力鑽挖機 (TMBs, per its acronym in English)，但開挖率通常低於岩石的開挖率。

活動的雷蒙德(Raymond) 斷層預期會跨越區 2 的入口區和區 3 和區 4 的潛在斷層。在活動斷層帶

上開挖斷層和襯砌隧道將需要特別的考慮。例如，地鐵紅線是挖掘通過洛杉磯好萊塢的斷層。挖掘超大隧道的斷裂可以容納斷層偏移（見 12.0）。
為了容納斷層破裂時斷層某種程度的偏移，這種特大型的開挖通常用於挖掘通過斷層帶。

此外，通過斷層的隧道採礦，有可能造成粘土斷層泥的擠壓情況。通過粘土區可能需要特別程序的推進鑽挖機 (TMBs, per its acronym in English) 來 施工盾構，並提供永久的地表支撐力。在最後一個隧道襯砌將需要設計來應付預期的地震情況。對於通過亞罕布拉排水渠(Alhambra Wash)，鷹岩 (Eagle Rock)和/聖拉斐爾斷層(San Rafael fault) 和無名斷裂帶的隧道是應該特別注意的類似情況。

污染土壤和地下水

區 1，4，和 5 的美國環境保護局超級基金場址 (Superfund Site) 有可能影響隧道的挖掘和淤泥處置作業。隧道開挖過程中可能會遇見羽流污染的地下水和土壤污染。雖然隧道的嚴重情況可能會比在地面上輕微，但處理有危險材料的關閉隧道還是相當有挑戰性的。必須加以控制被污染的土壤，水和蒸汽以保障工人和避免污染鄰近地區。受污染土壤和水必須運送到處理地點去處理，並運送到最終的處置場。

自然產生的氣體

自然產生的氣體可能在區 1 到 5 的普恩特層組 (Puente Formation) 遇見。雖然還未經由鑽孔確認，區 2 附近的普恩特層組 (Puente Formation) 隧道顯示氣體是可能存在於地下。對於人員隧道掘進機的操作應該要有當的預防安全措施。

其他隧道的思考

通常良好的沉積岩需要要求相對適當的隧道支撐力。不過，在發達的城市地區通常特別需要一個全面的外圍支持系統（像，鋼鐵和木材肋骨滯後，或擴大或固定直徑預製節段混凝土襯砌）來提供給失去控制的地面。開放發掘的地面支持預計將提供鑄現澆混凝土箱形結構。隧道挖掘粘土斷層泥內的擠壓情況，是目前會遇見的可能性，通過粘土區可能需要特別程序的推進鑽挖機 (TMBs, per its acronym in English) 來 施工盾構，並提供永久的地表支撐力。在沖積層使用一螺栓接口密封段預製混凝土襯砌是可以控制地下水流的流入量。

隧道區域之比較

重點對隧道地面的特點，如地下條件，地下水，污染，斷層和地震活動和潛在的瓦斯情況，進行比較每個區域和總結在表第 ES － 3。

ES-13

表 ES-3
隧道區域比較

區域	區域的大致長度 (miles)	地質層組數量	主要地質層組	區域中層組百分比	有記載的/地圖上標明的斷層數量	跨越區域的活斷層數量	潛在的瓦斯情況 [a]	超級基金場址佔區域之百分比
1	5.0 至 5.5	2	普恩特 沖積層	80 to 90 10 to 20	5	0	H	5 至 10
2	5.0 至 5.5	4	普恩特 多盤加 費爾南多 沖積層	70 to 80 10 to 15 5 to 10 5 至 10	7	1 (西北入口處)	H	0
3	4.5 至 5.0	5	多盤加 沖積層 普恩特 費爾南多 閃長岩	30 至 40 10 至 20 20 至 30 5 至 10 10 至 20	7	3[b]	M	0
4	6.0 至 7.5	3	多盤加 沖積層 普恩特 費爾南多 閃長岩	70 至 80 10 至 15 10 至 15	5	2	M	5 至 15
5	9.5 至 11.0	3	沖積層 費爾南多 普恩特	75 至 85 10 至 15 5 至 10	3	1	L	5 至 30

註:
[a] H-高, M-中, L-低
[b] 包括潛在的活動斷層

總結

本報告裡的資訊提供了一個包括了五個地區的岩土工程技術情況的初步結論，其五個地區皆被考慮為 SR-710 隧道的地點。 在這個報告裡的各小節包含了於各個地區的詳細資訊，其關於了地質、斷層、地震活動頻率、地下水、受汙染物質和可能發生的氣體情況。 這些資訊為每一個地區挖掘隧道的岩土工程技術之可行性評估，提供了一個依據的基礎參考。 基於資料的收集和回顧乃是作為當前之岩土工程研究，在五個區域內的隧道挖掘在岩土工程上是可行的。 岩土工程上的可行，表示著在預期的地質層組上建造隧道是可行的，其也包括了使用現代隧道挖掘技術，所獲得的那些與斷層相關連的岩土工程技術情形。 第 12 節討論了幾個隧道工程以及對和本工程中所呈現之地區條件相似的情況下可用的施工技術。