



नेपाल इन्जिनियर्स एसोसिएसन

पूर्वाधार विकास बहस

“सिक्टा सिचाई आयोजना: समस्या र समाधान”

२०७५ चैत १

सिक्टा सिंचाइ आयोजना: समस्या र समाधान

प्रस्तुतकर्ता

कृष्ण प्रसाद नेपाल

आयोजना निर्देशक

२०७५।१२।१

प्रस्तुती सूची

संक्षिप्त परिचय

हालसम्मका प्रगती

हालसम्मका उपलब्धी

समस्या र चुनौतीहरु

समाधानका प्रयास

अबको कार्य योजना

संक्षिप्त परिचय

नाम: सिक्टा सिंचाइ आयोजना, बांके

आयोजना निर्माण शुरु: २०६३।६४

गुरु योजना स्विकृती: २०६३।६४ (शंसोधन २०७१।७२)

कूल लागत: २५ अर्ब २ करोड

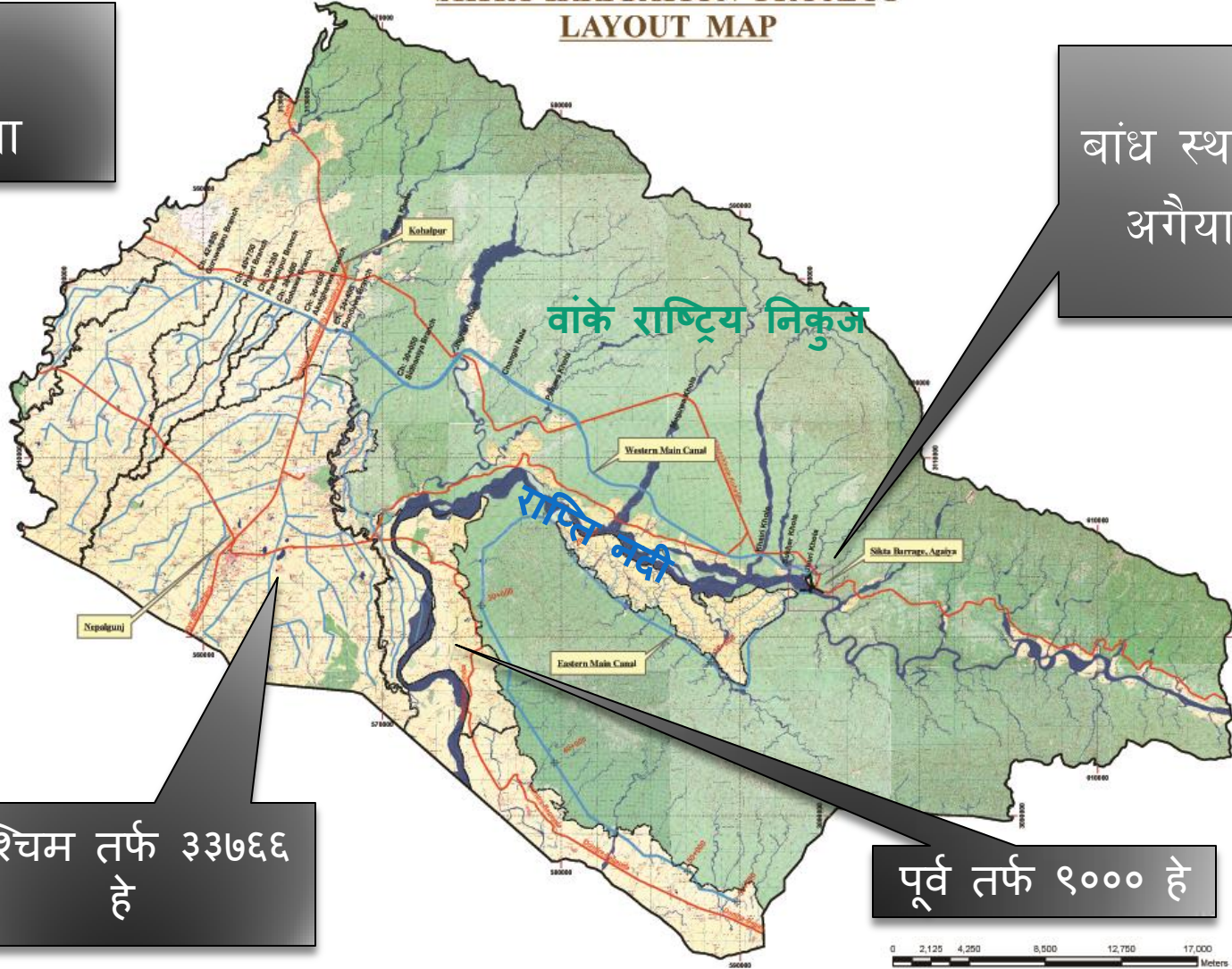
सिंचित क्षेत्र: ३३७६६ र ९००० गरी ४२७६६ हेक्टर

SIKTA IRRIGATION PROJECT LAYOUT MAP

बांके
जिल्ला

बांध स्थल,
अगैया

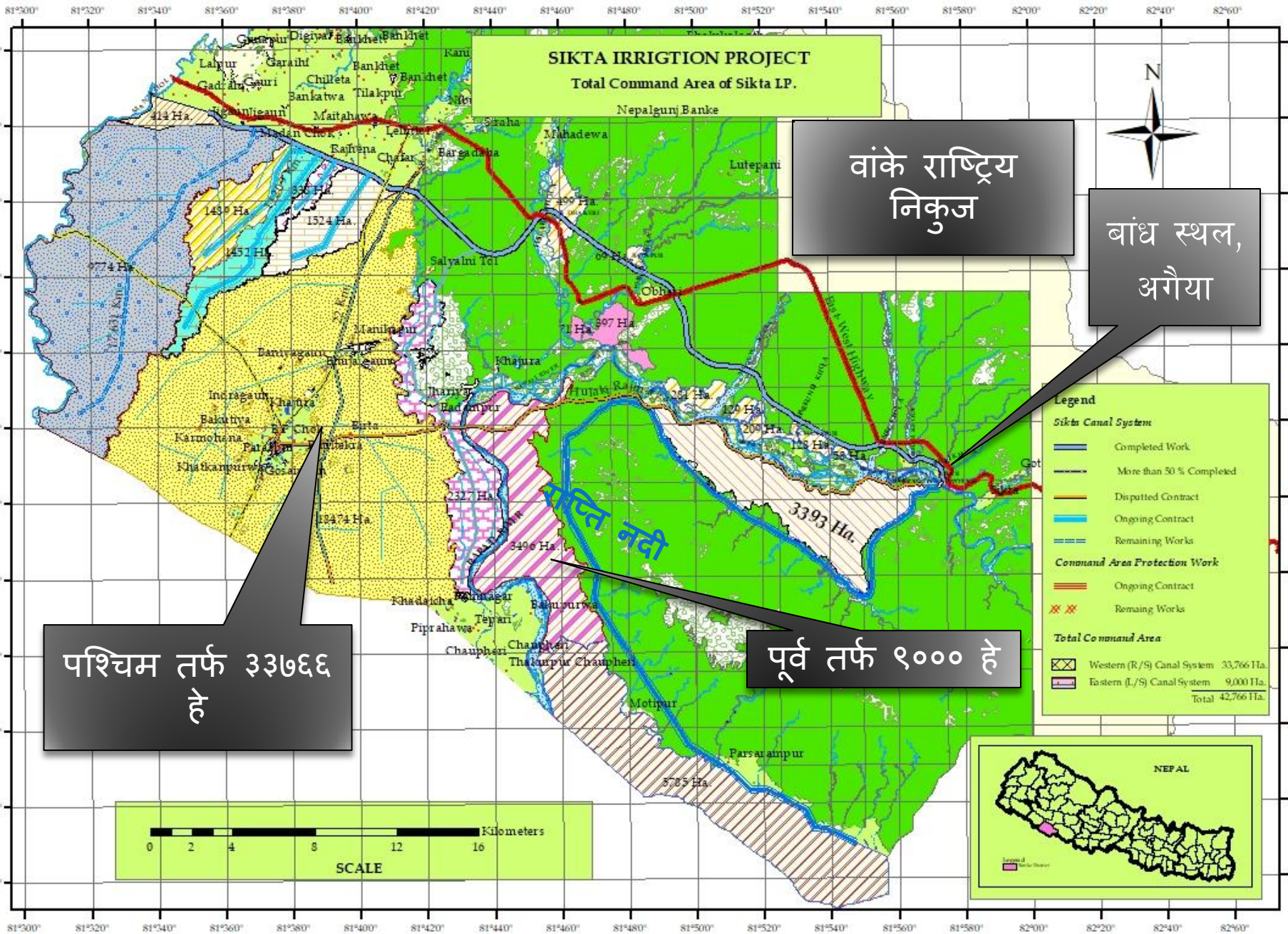
बांके राष्ट्रिय निकुञ्ज



पश्चिम तर्फ ३३७६६
हे

पूर्व तर्फ ९००० हे



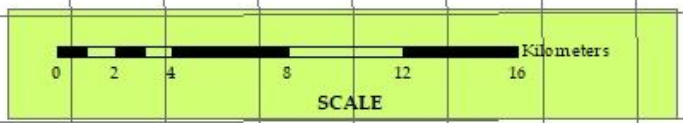


वांके राष्ट्रिय
निकुज

बांध स्थल,
अगैया

पश्चिम तर्फ ३३७६६
हे

पूर्व तर्फ ९००० हे



संक्षिप्त परिचय (कमशः)

- वि.सं. २०३२।३३ (सन् १९७५।७६) पूर्व सम्भाव्यता अध्ययन
- वि.सं. २०३७ (सन् १९८०) जर्मन परामर्शदातृ संस्था **La.hmeyer International GmbH** वाट आयोजनाको पहिलो सम्भाव्यता अध्ययन ।
- वि.सं. २०३८-४० (सन् १९८१-८३) सालमा Department of Irrigation, Hydrology and Meteorology (DIHM) विस्तृत सम्भाव्यता अध्ययन, नेपालगंज कार्यालय, ३ कि.मी. नहर निर्माण ।
- दातृनिकायहरु वाट आर्थिक सहयोग जुट्न सकेन, अगाडी बढ्न सकिन ।

संक्षिप्त परिचय (कमशः)

- वि.सं. २०५९(सन् २००४) सालमा Irrigation Development Program (IDP) अन्तर्गत यूरोपेली संघको सहयोगमा पुनः यस आयोजनाको अध्ययन (GTEC-GEOCE consultant) : आयोजना संभाव्य रहेको निचोड ।
- आर्थिक सहयोगको लागि यूरोपेली संघ, साउदी विकास कोष, कुवेत फण्ड तथा ओपेक फण्डलाई अनुरोध, दातृनिकायहरु वाट आर्थिक सहयोग जुट्न सकेन ।
- नेपाल सरकारले आ.व. २०६१/०६२ बाट आफ्नै आर्थिक तथा प्राविधिक स्रोतबाट यस आयोजनाको कार्यान्वयन प्रक्रिया शुरु ।
- आ.व. २०६३/०६४ बाट निर्माण शुरु ।

हालसम्मका प्रगती

राप्ती नदीमा पुल समेतको बांध निर्माण



सिकटा ब्यारेज

Legend

Jhunjyphion@0+872

पुर्वि मूल नहर

पश्चिम मूल नहर

राप्ति नदी

Google Earth

©2018 Google
Image © 2018 CNES / Airbus



1000 ft



हालसम्मका प्रगती (कमशः)

पश्चिम तर्फ ४५.२५ कि.मी. मूल नहर र सर्भिस सडक निर्माण



हालसम्मका प्रगती (कमशः)

पश्चिम तर्फ ४५.२५ कि.मी. मूल नहर र सर्भिस सडक निर्माण



हालसम्मका प्रगती (कमशः)

सिंचित क्षेत्र संरक्षणका लागि नदी नियन्त्रणका कामहरु



हालसम्मका प्रगती (कमशः)

५३ कि.मी. लामो नयां पूर्वी मूल नहर निर्माण शुरु



हालसम्मका प्रगती (कमशः)

आ.ब. २०७४।७५ सम्म स्वीकृत गुरु योजना बमोजिम
भौतिक करिव ५७ प्रतिशत

आ.ब. २०७४।७५ सम्म रु १४ अर्ब १६ करोड
आर्थिक प्रगती करिव ५७ प्रतिशत

हालसम्मका उपलब्धी

राप्तीको $65 \text{ m}^3/\text{sec}$ पानीको अधिकार



हालसम्मका उपलब्धी (कमशः)

बांध संगैको पुल (access for 2 RM- 9 VDC's)



बांधबाटै राजकुलाको
करिव १००० हे.
जग्गालाई सिंचाइ

हालसम्मका उपलब्धी (कमशः)

४५ km gravelled service road



हालसम्मका उपलब्धी (कमशः)

३० लाख श्रमदिन रोजगारी (वार्षिक करिव ३ लाख)



समस्या र चुनौतीहरू

- १ ठेक्का ब्यवस्थापन
- २ निकुन्ज क्षेत्रमा बाढी ब्यवस्थापन
- ३ घुलनशिल माटोको समस्या समाधान

समस्या र चूनौतीहरु

१ ठेक्का ब्यवस्थापन

कुल ठेक्का : ४३ वटा सम्पन्न: १५ वटा

कमागत: २६ वटा

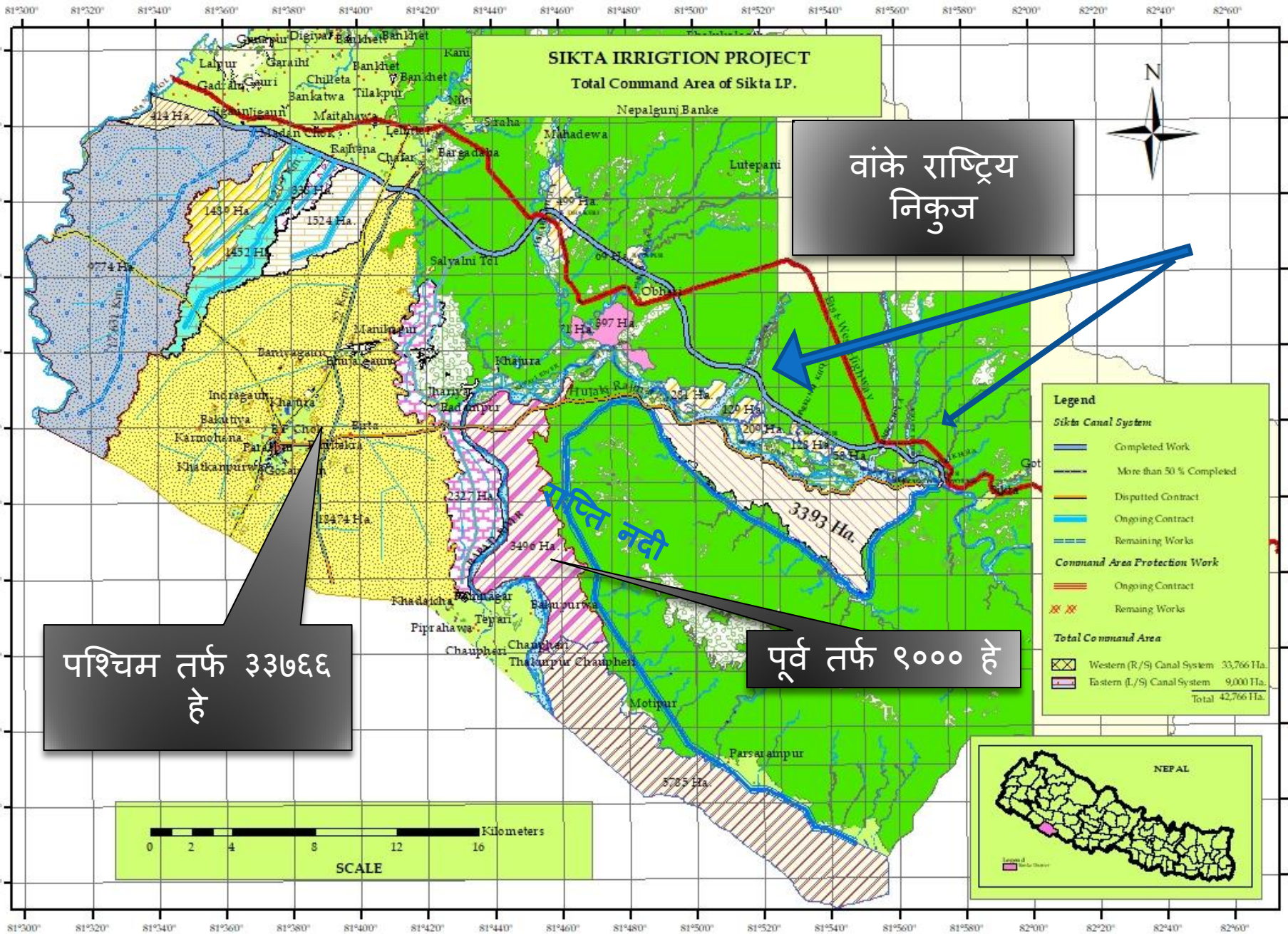
समस्याग्रस्त: २ वटा SIP/MC/ICB-02

SIP/DIS/MC/ICB-01

समस्या र चुनौतीहरु (कमशः)

२ निकुन्ज क्षेत्रमा बाढी ब्यवस्थापन





Flood
Entry into
Canal



Flood overtop right bank of canal , CH : 13+900





Flood Entry at CH: 18+300

Interesting 2075.11.2

गर्न, बोलन, लेखन - छुट





Flooding of Sikta Main Canal, CH : 18+000



**Canal Water Spill out from
Spillway, CH : 20+000**

**Canal Water Escape out from
Escape,
CH : 20+000**

**2071 & 2074 heavy rainfall > 400
mm/24 hr.**

**Siphon, DUP sufficient to pass flood
water.**



समस्या र चुनौतीहरू (कमशः)

३ घुलनशिल माटोको समस्या समाधान

माटो काटेर
नहर निर्माण



समस्या र चुनौतीहरू (कमशः)

निर्माण भएको करिब ३ वर्ष पछि



समस्या र चुनौतीहरू (कमशः)

घुलनशिल माटोको समस्या समाधान

माटो पुरेर
नहर निर्माण



समस्या र चुनौतीहरू (कमशः)

निर्माण भएको करिब ३ वर्ष पछि



Deep cutting area- Reach 21+175 TO 22+740 (Balapur village area)



Gully/tunnel formation in natural cut surface and removal of soil

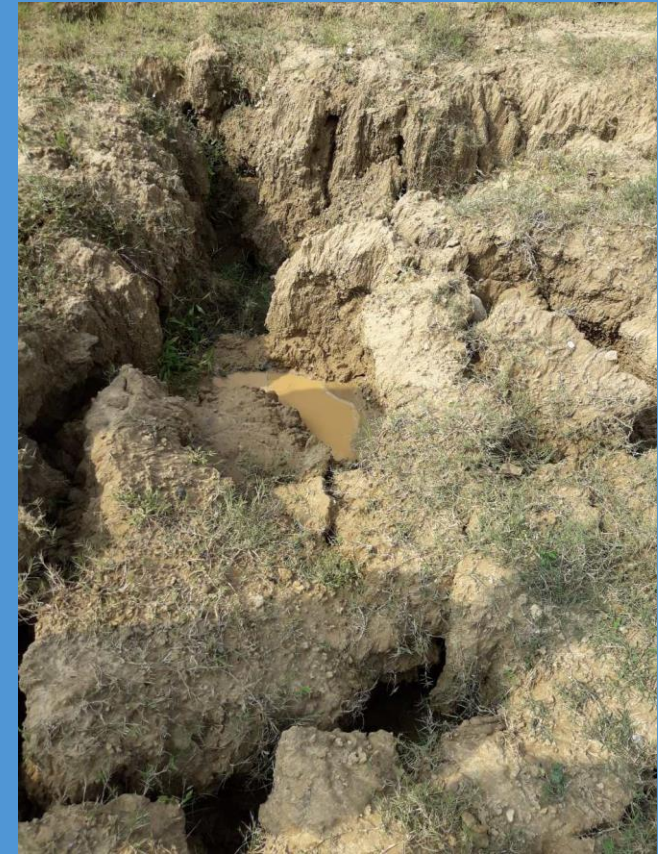


Hole formation in canal berm of cut section

Reach 24+415 TO 24+704 (Dhakeri village area)
visible hole near service road side in fill section



हालसालैका फोटोहरु



समस्या र चुनौतीहरू (कमशः)

२०७५।४।७ मा पुरेको
(Filling) बनाएको
स्थानमा (२२+८९०)
टुटेको नहर



समस्या र चूनौतीहरु (कमशः)



Aqueduct u/s entry
and d/s exit is in
filling

समाधानका प्रयास

केही विषयहरू

स्थानियको सवाल (नहर रेखाङ्कन)

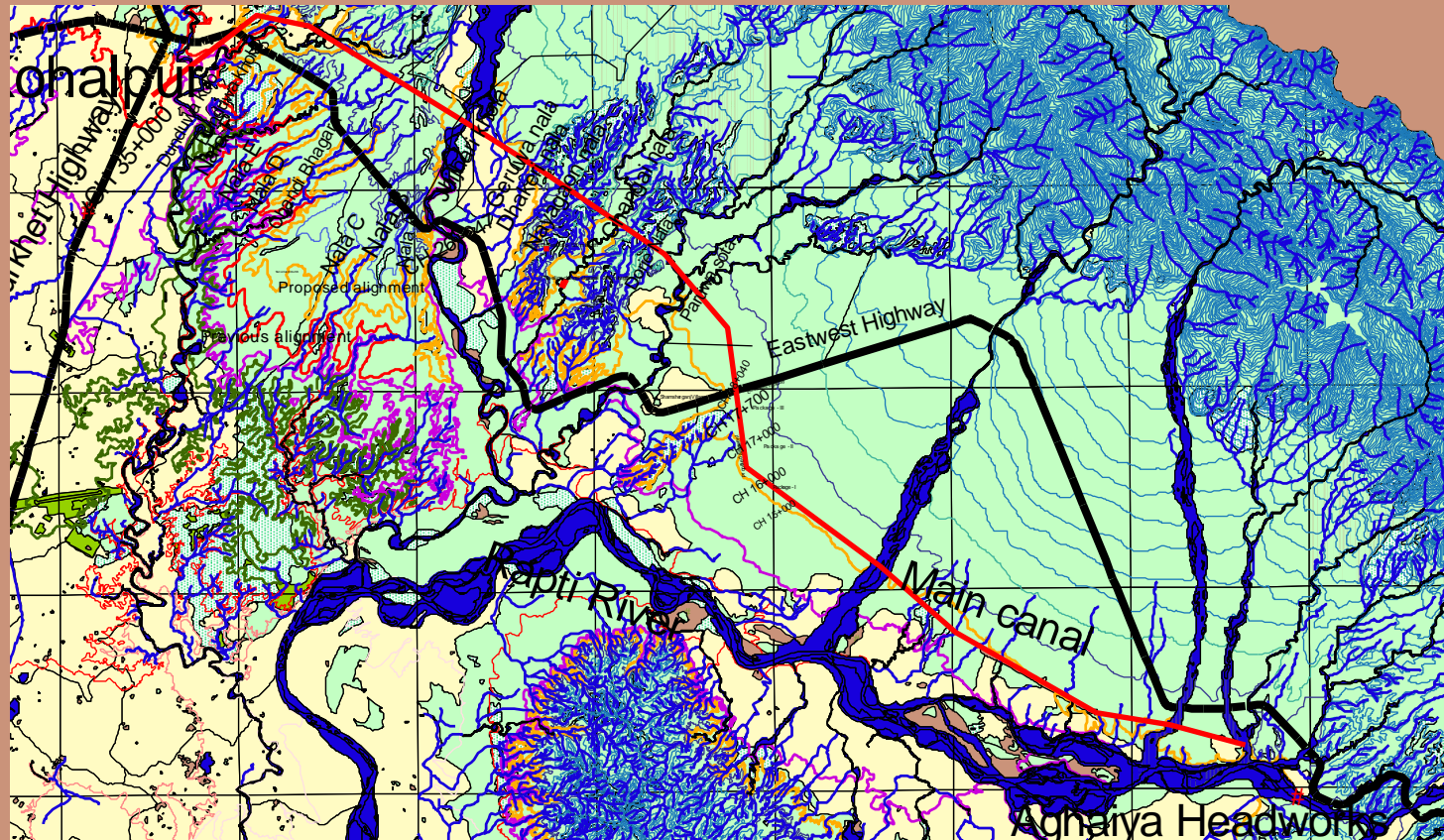


घुलनशिल माटो



Design Review...

- **Lahmayer proposed alignment**



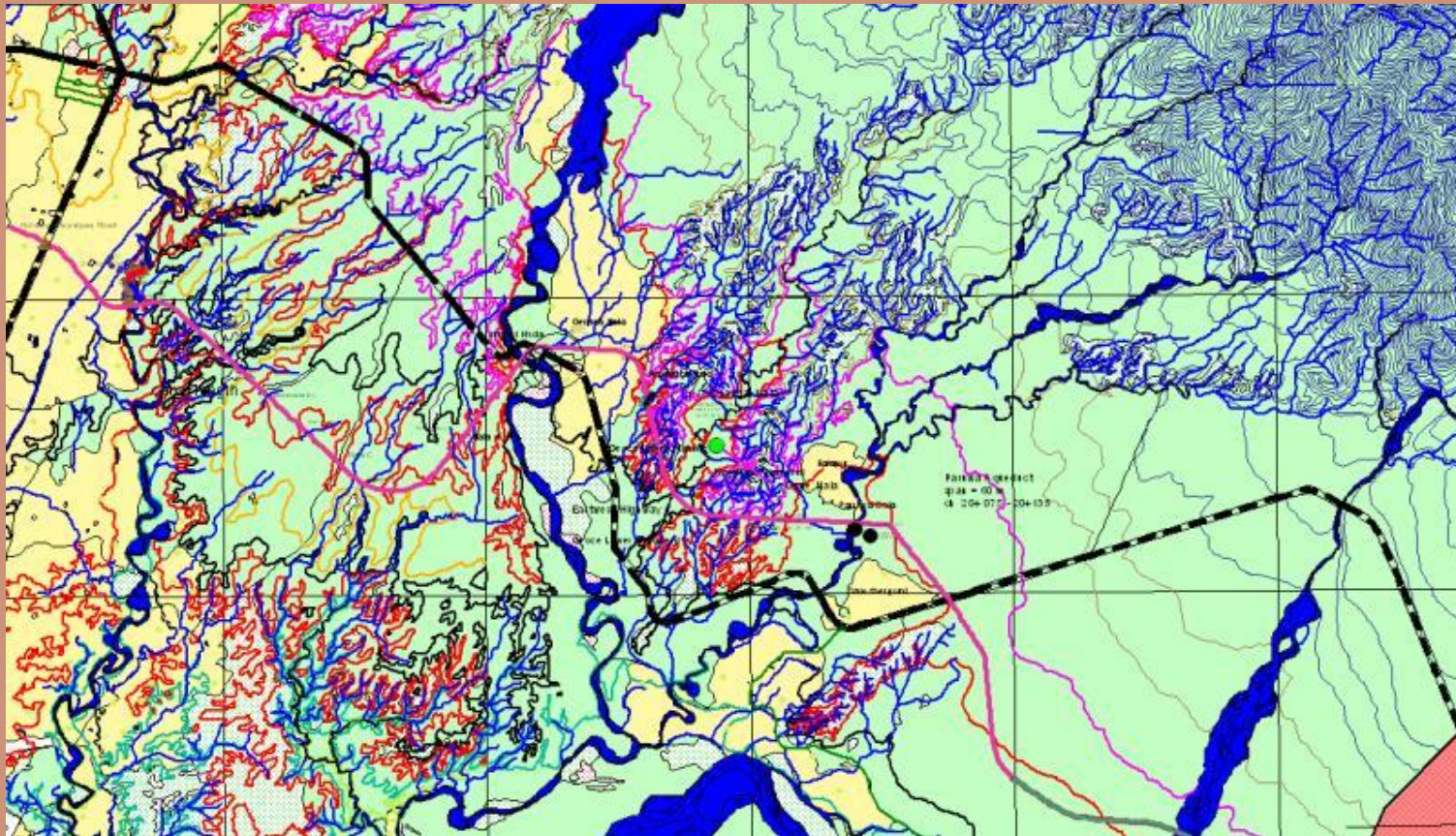
- Passing through deep cutting zone (up to 30 m)

- Far away from East west highway

- Passing through dense forest

Design Review....

- IDP Proposed and approved alignment



Alignment Selection Criteria

- Canal bed in cutting as far as possible
- Minimum length of deep cutting zone
- Avoiding rugged topography
- Safe geological zone as far as possible
- Minimizing curvature as well as canal length
- Safety for irrigation structures

- Cut Fill almost balance ($\sim 20,00,000 \text{ m}^3$)

Sikta Irrigation Project

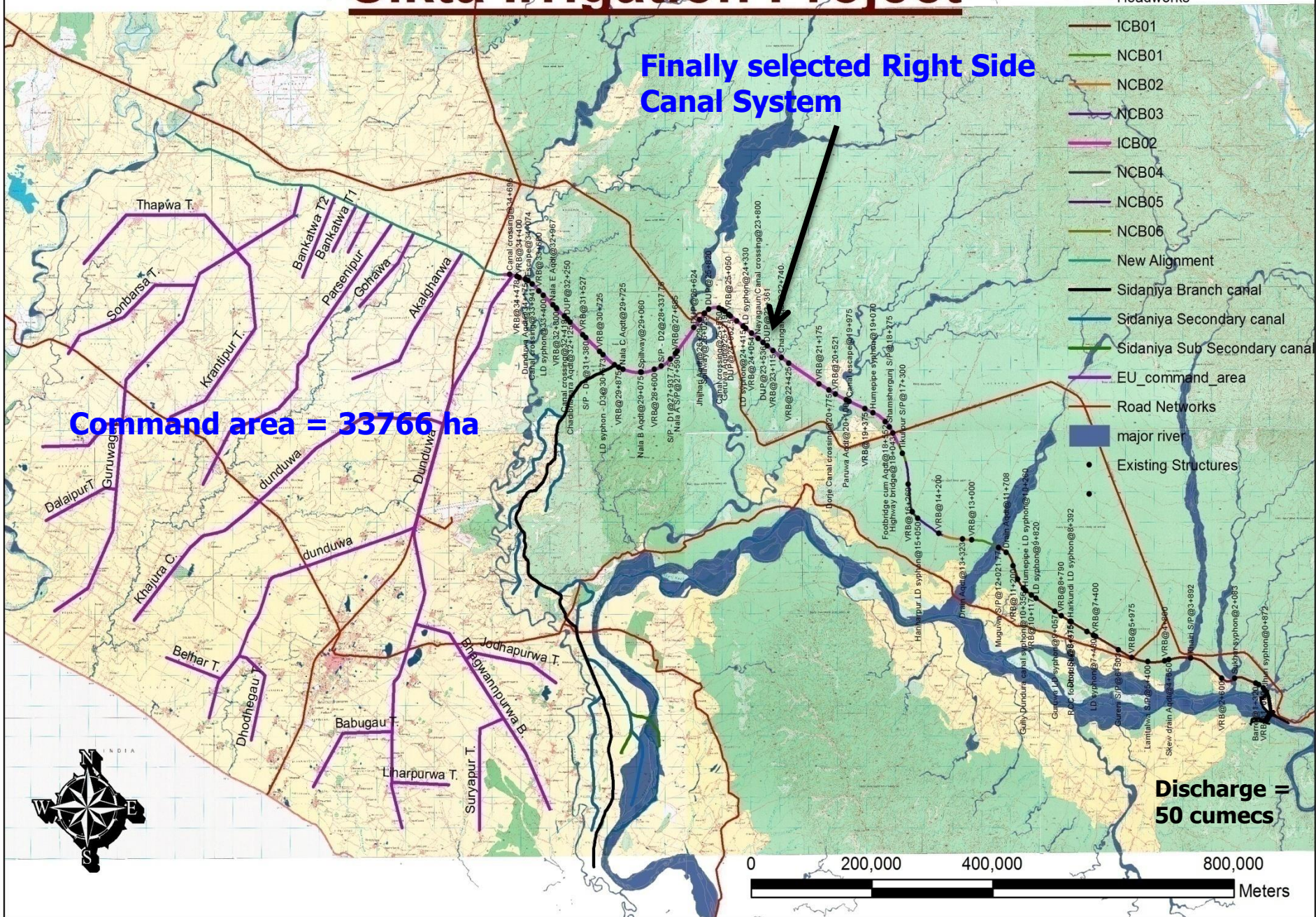
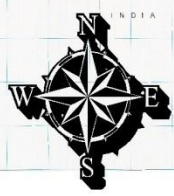
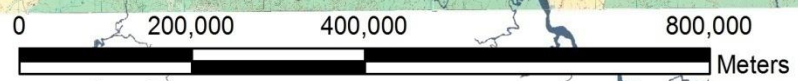
Legend

- Headworks
- ICB01
- NCB01
- NCB02
- NCB03
- ICB02
- NCB04
- NCB05
- NCB06
- New Alignment
- Sidaniya Branch canal
- Sidaniya Secondary canal
- Sidaniya Sub Secondary canal
- EU_command_area
- Road Networks
- major river
- Existing Structures

Finally selected Right Side Canal System

Command area = 33766 ha

Discharge = 50 cumecs



केही विषयहरु

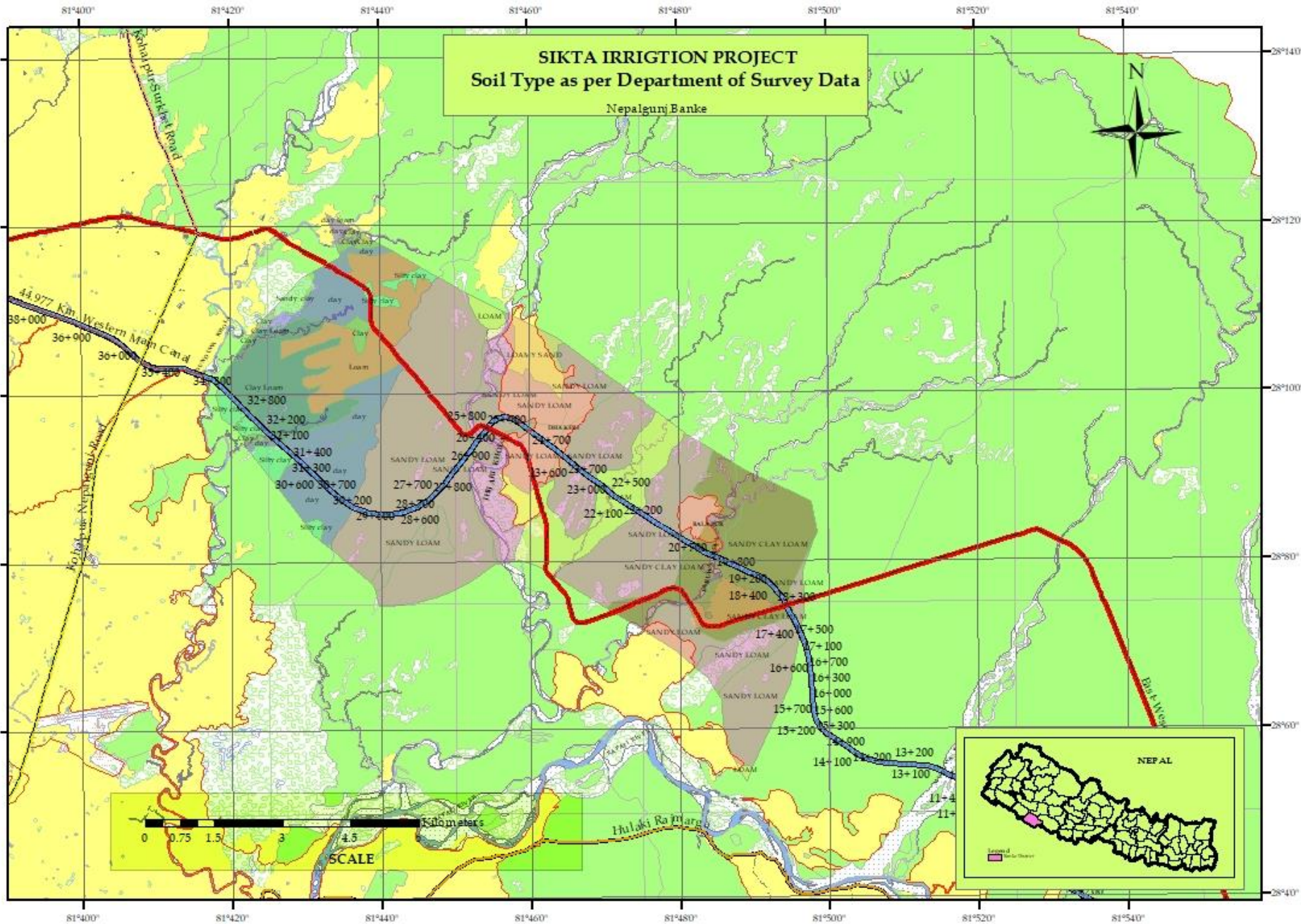
घुलनशिल माटो



- 1980 Detailed feasibility study by
Lahmayer International GmbH
Sandy Silt, Erodible soil, permeability 10^{-4} cm/s
High seepage loss Cement concrete lining is required
Excavated material can be used for filling.
- 1980 Silty soil, permeability 10^{-4} cm/s, lining is required
- 2004 Loamy soil on top, silt & loam at the bottom
Leaching, lining is required

SIKTA IRRIGATION PROJECT Soil Type as per Department of Survey Data

Nepalgunj Banke



समाधानका प्रयास (कमशः)

निकुन्ज क्षेत्रमा वाढी ब्यवस्थापन

निकुन्ज क्षेत्रबाट स्थानिय निर्माण सामग्री वालुवा,
गिट्टी, ढुङ्गाको दिगो निकासी

थप संरचना निर्माण

नदी नियन्त्रणका कामहरु (लागत र समय थप लाग्ने)

समाधानका प्रयास

ठेक्का ब्यवस्थापन

SIP/DIS/MC/ICB-01



समाधानका प्रयास (क्रमशः)

ठेक्का ब्यवस्थापन **SIP/DIS/MC/ICB-01**

(पहिलो पटक साउदी सरकारबाट बैदेशिक सहयोग प्राप्त)

- ठेक्का अन्त्य गरिएको,
- कालोसूचीमा राख्न सिफारिस गरिएको,
- अदालत रिट, अन्तरिम आदेश, रिट खारेजी
- मध्यस्थता शुरु, यथास्थितीमा राख्न अन्तरिम आदेश
- यस्तो पनि हुन्छ ? उच्च अदालतमा निवेदन

- सा.ख.ऐ.,नि. बमोजिम अगाडी बढाइने

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

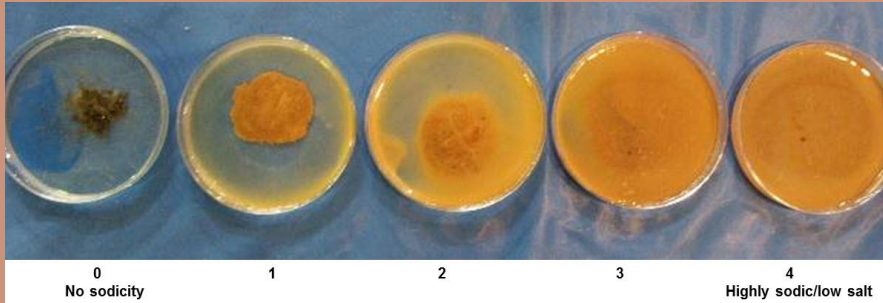
ठेक्का व्यवस्थापन

SIP/MC/ICB-02

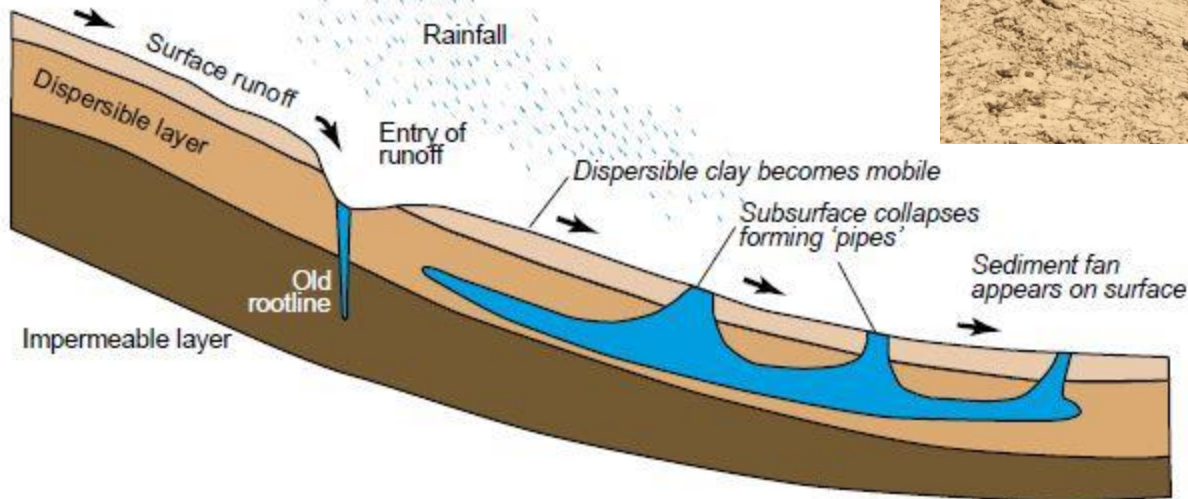
- ठेक्का फाइनल नभएको, माटो जन्य जटिल समस्या

समाधानका प्रयास (कमशः)

घुलनशिल माटो (Dispersive soil)



Tunnel development on a hillslope



Effect of water on Dispersive Soil

Surface Erosion



Tunnels and Sinkholes



Turbid Water Bodies



Gully Formation



Identification of Dispersive Soils

- Visual Identification
- Identification Test
 - Crumb Test ASTM D 6572-06
 - Pinhole Test ASTM D 4647-93
 - Double Hydrometer Test ASTM D 4221-99
 - Chemical Test

VISUAL IDENTIFICATION



Dribble Pattern



Muddy dams



Pocketing



अन्य देशको अनुभव

Case in Tasmania, Australia



topsoil removal, surface water has dissolved through the soil surface. Soils derived from Triassic



Figure 28. Rill and tunnel erosion caused by excavation of sodic soils for road construction. Dunalley.

सिक्टा, नेपाल





**Failed Canal Lining and Sink Hole on the Embankment
in Moghan Irrigation Project, Iran (Photo : Rahimi et
al. 2011)**



San Juan reservoir failure (2001) in Huesca, Spain

सिक्टा, नेपाल



सिक्टा, २०७५।११।२४
धुलनशिल माटो नभएका
स्थानहरु



समाधानका प्रयास (कमशः)

मन्त्रालयबाट गठित टोली:

- उच्च फिलिङ्गमा रहेको Canal embankment तथा Aqueduct हरुको Approach भागमा Filing Material को प्रकृति एवं Hydraulic gradient/Saturation line को अवस्था अनुसार न्यूनतम ३० से.मी. कभर र Embankment slope समेत न्यूनतम १:३ देखि १:६ सम्म हुने गरी Embankment section बढाउनु पर्ने र थप गरिने भागमा उपयुक्त (Non-dispersive) माटोको प्रयोग गर्नु पर्ने देखिन्छ । **Counter-berm, Toe retaining wall**

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

कृषि, सहकारी तथा प्राकृतिक श्रोत समितिको टोली:

•निकुन्ज जलाधार भएर बग्ने खहरे खोलाको थिग्रेनीको उचित व्यवस्थापन गर्न वन तथा वातावरण मन्त्रालयसंग समन्वय गरी व्यवस्थापकिय एवं प्रविधिक समाधान तत्काल खोज्न उर्जा, जलस्रोत तथा सिंचाइ मन्त्रालयलाई निर्देशन दिने ।

•घुलनशिल माटो जस्ता नितान्त प्राकृतिक कारणबाट सृजित समस्या र निर्माण ब्यवशायीको दायित्वको निक्क्यौल गर्नुका साथै तत्काल अन्य **आवश्यक स्थानहरुमा समेत मर्मत संभार गर्न** उर्जा, जलस्रोत तथा सिंचाइ मन्त्रालयलाई निर्देशन दिने ।

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

कृषि, सहकारी तथा प्राकृतिक श्रोत समितिको टोली:

- मन्त्रालय तथा विभागमा रहेका विज्ञ साथै राष्ट्रिय । अन्तराष्ट्रिय अभ्यासका आधारमा सुधारका कार्यहरु यथाशिध्द सुरुवात गरी

पानी संचालन गराउनु पर्ने ।

- कचनापुर, शमशेरगंज, ढकेरी लगायतका प्रभावितहरुलाई सिंचाइका वैकल्पिक ब्यवस्था मिलाउन मन्त्रालयको ध्यानाकर्षण गर्ने ।

- पछिल्लो ३ वर्षमा ५ जना आयोजना निर्देशक परिवर्तन जस्ता कारणबाट समेत कार्यसम्पादनमा समस्या उत्पन्न भएको हुदां सो तर्फ मन्त्रालय गम्भिर हुनुपर्ने ।

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

कृषि, सहकारी तथा प्राकृतिक श्रोत समितिको टोलीकै निर्देशन अनुरूप “सिक्टा समस्या समाधान कार्यदल” गठन

- स्थलगत निरिक्षण, प्रारम्भिक प्रतिवेदन – थप क्षति हुन नदिन मर्मत र पानी संचालनका लागि सुधारको बाटो खोल्नु पर्ने ।
- अन्तिम प्रतिवेदन तयारीको क्रममा ।

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

घुलनशिल माटोको समस्या समाधान गर्न आयोजनाको प्रयास

- आयोजनाबाट ERT प्रविधिबाट थोरै लम्बाईमा अध्ययन गराइएको

- आयोजनाको अनुरोधमा जलस्रोत अनुसन्धान तथा विकास केन्द्रबाट GPR प्रविधिबाट परिक्षणका रूपमा अध्ययन गरिएको, नतिजा विश्लेषण गरी थप काम हुने ।

- मित्र राष्ट्र अष्ट्रेलियाबाट प्राविधिक टोली आई स्थलगत निरिक्षण गरी फर्किएको, माटोको नमुना पठाइएको

समाधानका प्रयास (कमशः)

**GPR प्रविधिबाट
परिक्षण**



समाधानका प्रयास (कमशः)

विज्ञाट स्थलगत
निरिक्षण



समाधानका प्रयास (कमशः)



समाधानका प्रयास (कमशः)



Compare बबई र सिक्टा

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

समाधान के हुन सक्छ ?

नहरको डिललाइ बाहिरबाट राम्रो माटोबाट थप मजबुत (**counter / back berm**) बनाउने

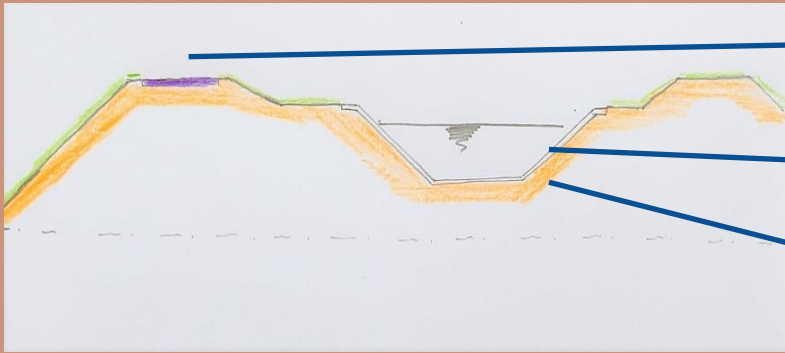
उच्च जोखीम युक्त क्षेत्रको पहीचान गरी ग्राउटिंग गर्ने,
Toe wall / रीटेनींग वाल बनाउने,

डिलको बाहिरी भाग घुलनशिल नभएको राम्रो माटो वा रासायनिक उपचार (**gypsum, lime**) गरेर पुननिर्माण गर्ने,

Cut section मा sand barior राख्ने, थप निकास (**escape**) हरुको निर्माण गर्ने,

समाधानका प्रयास (कमशः)

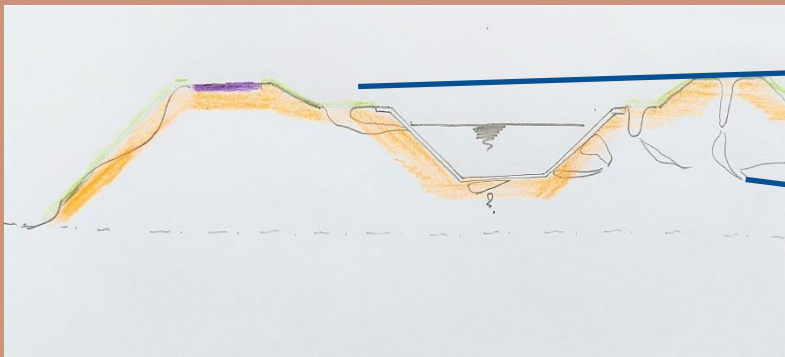
Canal in filling



Graveled service road

Lined canal

Dispersive soil

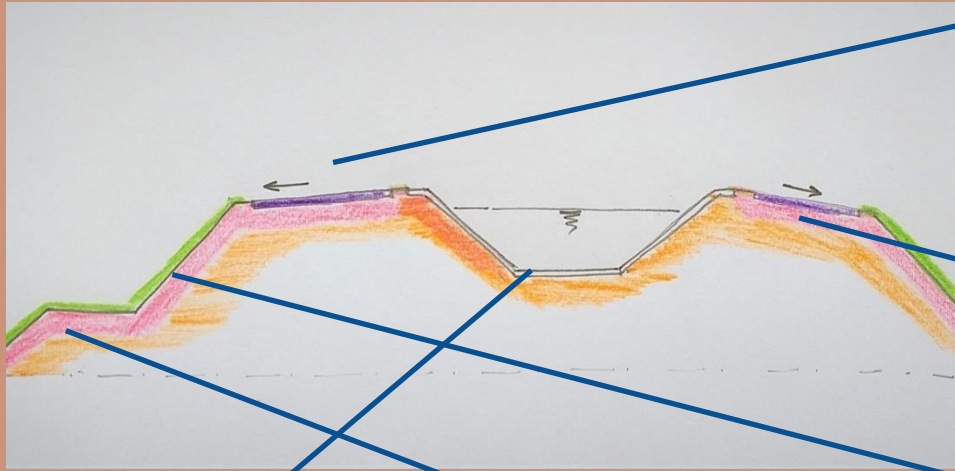


Sink hole

Tunnel formation

समाधानका प्रयास (कमशः)

Canal in filling



Graveled service road
both side

Cover with good soil

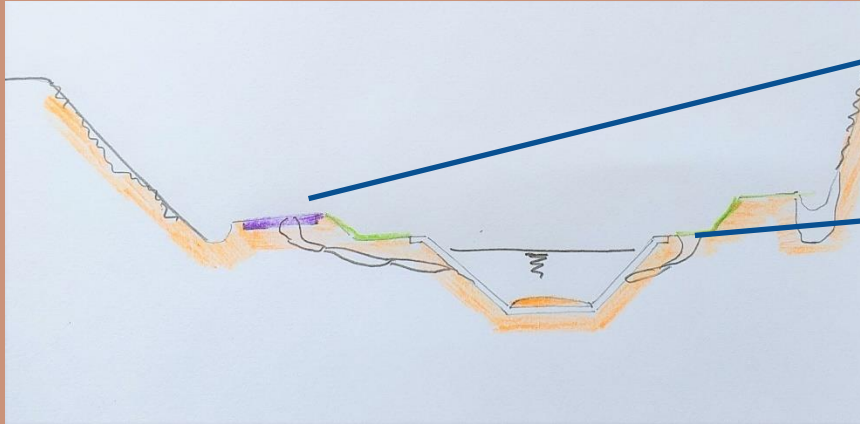
Turffing (water contact)

Counter berm / Toe
wall etc.

Joint / crack sealing,
grouting repair, reconstruct

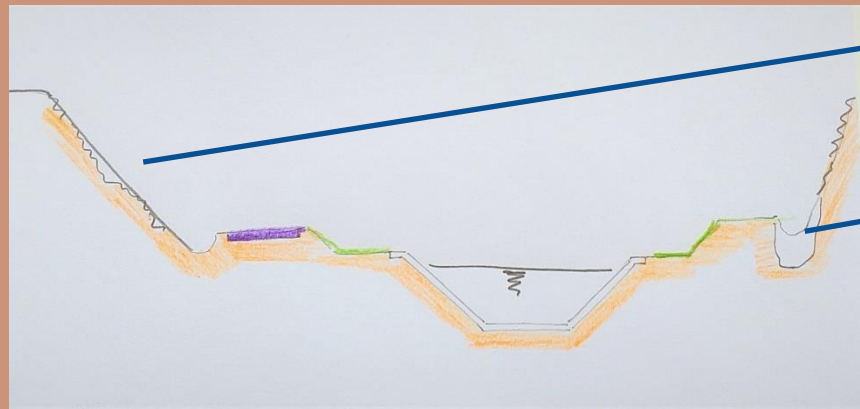
समाधानका प्रयास (कमशः)

Canal in cutting



Graveled service road

Sink hole

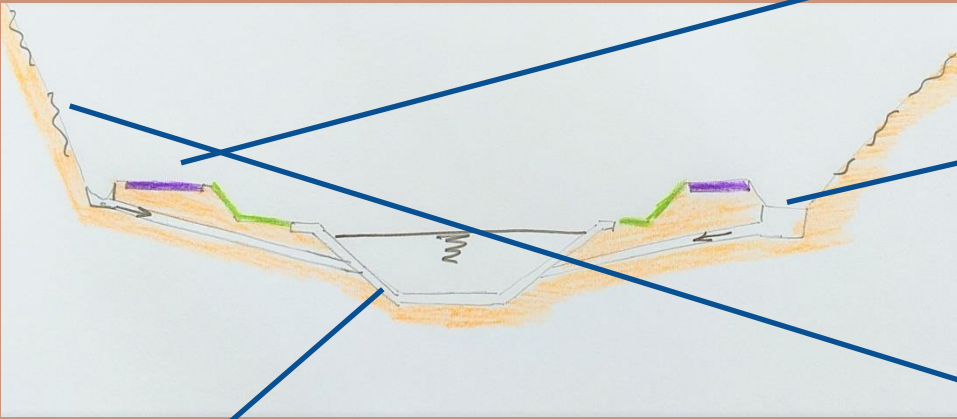


Surface erosion / Rills

Drain expansion

समाधानका प्रयास (क्रमशः)

Canal in cutting



Graveled service road
both side

Catch drain and inlet to
canal

Bio-engineering (Jute
netting, seeding etc.)

Joint / crack sealing,
grouting repair, reconstruct

समाधानका प्रयास (कमशः)

एउटा मात्र र उत्तम विकल्प छैन ।

Uncertainty / Limitations धेरै छन् ।

आजसम्मको अध्ययनले देखाएका समाधानहरु गर्दै र सिक्दै जानु पर्ने स्थिति छ ।

हरेक वर्ष स्थितिमा परिवर्तन आउंछ । तसर्थ, जोखिमहरु छन् । केही वर्षसम्म अध्ययन, अवलोकन, मर्मत, सुधार निरन्तरता पछि दिगोपन आउंछ ।

Uncertainty 1,2, ...

कर्मचारी समायोजन: ३ सव इन्जिनियर गैसके, ६ इन्जिनियर र १ सि.डि.ई.
जादैछन् ।

अबको कार्य योजना

क) पूर्व तर्फको निर्माणलाई निरन्तरता दिने

ख) कमागत ठेक्कालाई सम्पन्न गर्ने

ग) प्रभावित क्षेत्रका सरोकारवालाहरुका सामाजिक कामहरु गुरु योजनामा समावेश गरी संबोधन गर्ने

अबको कार्य योजना (क्रमशः)

अन्योलका विषयहरुको संबोधन

क) **SIP/MC/ICB-02** का निर्माण ब्यवशायीले **as built drawing** र **final payment** माग भएको लामो समय ब्यतित भैसकेकाले, तेस्रो पक्ष (**independent committee**) समावेश गरी अगाडी बढ्नका लागि निर्णय भैसकेको ।

ख) हालकै अवस्थामा पानी चलाउन सकिदैन । मर्मतका कामहरु नगरे हरेक वर्षा संगै क्षती बढ्छ, नोक्सानी हुन्छ । थप क्षति हुन नदिन तत्काल मर्मत र विशेषज्ञ समेतको संलग्नतामा सुक्ष्म प्राविधिक अध्ययन अनुसन्धान पुरा गरी सुधारका थप कामहरु गर्नका लागि सहज निर्णय र कार्यान्वयन ।

अबको कार्य योजना (कमशः)

अन्योलका विषयहरुको संबोधन

विशेषज्ञ समेतको संलग्नतामा प्राविधिक अध्ययन पुरा गरी सुधारका कामहरु गरेमा पानी संचालन गर्न सकिन्छ । तर नयां प्रकृतीको समस्या भएकाले सुधार गर्दै र सिक्दै जानु पर्दछ । एक पटक सुधारनै अन्तिम र दिगो हुने ग्यारेन्टी गर्न सकिदैन ।

धन्यवाद



मुलनहर निर्माणको क्रममा माटो खन्ने कार्य गरिदै



Dispersive प्रकृतिको माटोको कारण चेनेज १७+७०० र ३५+००० को बीचमा Tunnel erosion भई sink hole बनेको



चेनेज २+५००, गबारपुरमा वनक्षेत्र हुँदै खैरी खोलाबाट आएको पानी
नहरमा पसी क्षति गरेको



श्रावण ७, २०७५ मा दायाँ मूलनहरको बायाँ डील चेनेज २२+८९० मा



श्रावण ७, २०७५ मा दायाँ मूलनहरको बायाँ डील चेनेज २२+८९० मा भत्किएको



जग्गा विवादका कारण अधुरो नहर



मुख्य समस्या एवं चुनौतीहरू

- चुरे र सोको **Foothill** मा रहेको कमजोर भुवनोट भएको वन क्षेत्रबाट करीव ३५ कि.मि. लामो नहर निर्माण गर्नु पर्ने वाध्यात्मक अवस्था सृजना हुनु
- केही भागमा अत्यधिक कटान (**cutting**) २२ मीटरसम्म तथा पटान (**filling**) ११ मीटरसम्म गरेर नहर बनाउनु पर्ने अवस्था सृजना हुनु (चे १८ कि.मी. देखि ३५ कि.मी भित्र)
- नहरको केही भागमा पाईएको घुलनशिल (**Dispersive**) माटोको कारणले नहरमा क्षति पुग्नु
- नहर लाइ छिचोलेर वग्ने चुरे क्षेत्र का खोला नालाहरुको व्यवस्थापन

नहर निर्माण विधि

- **Cut and fill approach**
- **If surplus transported to nearby fill reach**
- माटोको सम्बन्धमा प्राविधिकहरूवाट **conventional soil test** हरु भएको
- **Economy** को कारणले **cut and fill** विधि अपनाइएको ।
- राम्रो माटो (**करिब २३ लाख ५० हजार घनमीटर**) अन्यत्रवाट ढुवानी गरी नहर बनाएको अवस्थामा अर्बौं रुपैया लागत आउने ।
- **सवै माटो लाइ Chemically Treatment** गरेर प्रयोग गर्न एकदम महंगो पर्ने

कटान (Deep cutting)

क्षेत्र:

- Balapur deep cutting area (from ch 21+175 to 22+425 km)
- Jhijhari area (ch 26+624 to 27+590 km)

समस्याहरू:

- भुक्षय (Soil erosion)
- लाइनिंगको तलवाट माटो वगनु (Soil losses underneath the lining)
- Tunnel erosion

वर्षाको निकास (Drainages)

- वर्षाको निकास अत्यन्त चुनौती पुर्ण
 - नदीनालाहरुको पींघ (**river bed**) आसपासको वनक्षेत्रभन्दा अग्लो हुनगई पानीको बहाव नदी किनार वाट वनक्षेत्रतर्फ हुंदै नहरमा जाने गरेको
- अति वृष्टीको कारणले आउने बाढी
 - २०७२ श्रावणमा वांके क्षेत्रमा २४ घण्टामा भएको ४०० मिलिमीटर र २०७४ श्रावणमा भएको ४२८ मिलिमीटर अतिवृष्टिको कारणले नहरमा ठूलो क्षती

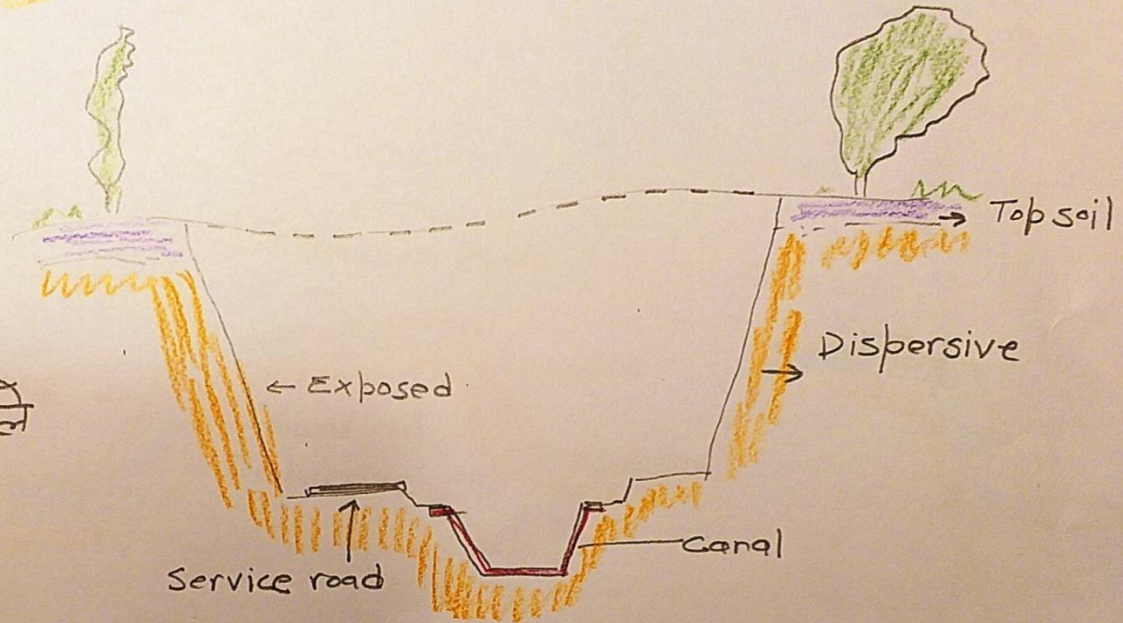
पश्चिम मूल नहर संचालन सम्बन्धमा

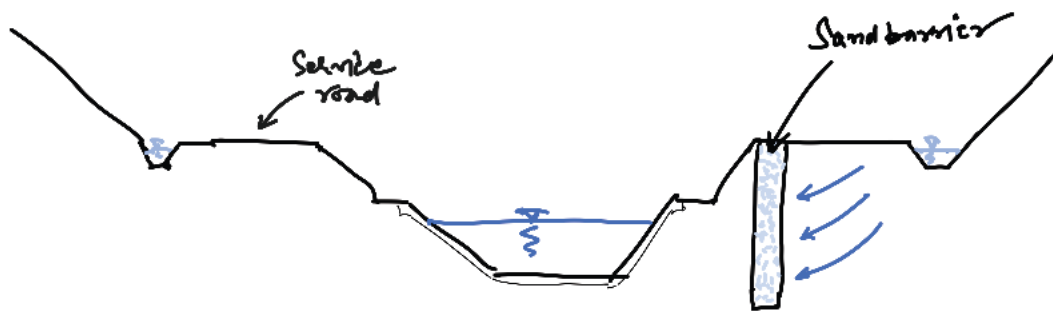
- निर्माण संपन्न भएको पश्चिम मूल नहरमा आ.व. २०७४/७५ मा आयोजनाले पहिलो पटक हिउँदमा आंशिक रूपमा केही क्षेत्रमा सिंचाइ सुविधा उपलब्ध गराएको
- त्यसै गरी बर्खेबालीमा आंशिक रूपमा सिंचाइ सुविधा उपलब्ध गराउने क्रममा २०७५ श्रावण ७ गते चेनेज २२+८९० मा सो मूलनहरको बायाँ डील करीव १० मीटर भत्किएको
- यस घटना सम्बन्धमा आयोजनाले मिति २०७५।०४।१८ मा प्रेस विज्ञप्त जारी गरेको तथा उर्जा, जलश्रोत तथा सिंचाइ मंत्रालय वाट समेत मिति २०७५।०४।१८ मा यस सम्बन्धमा सम्बन्धित सवैमा जानकारी गराइएको
- उक्त घटनापछि मन्त्रालयस्तरबाट सहसचिवको संयोजकत्वमा ५ सदस्यिय छानबीन समिति गठन भएको छ भने अख्तियार दुरुपयोग अनुसन्धान आयोगले समेत समिति गठन गरी आयोजनाको कार्यहरुको विस्तृत छानबीन सुरु गरेको छ । दुवै समितीवाट आयोजनाको स्थलगत निरीक्षण भइसकेको ।

पहिले

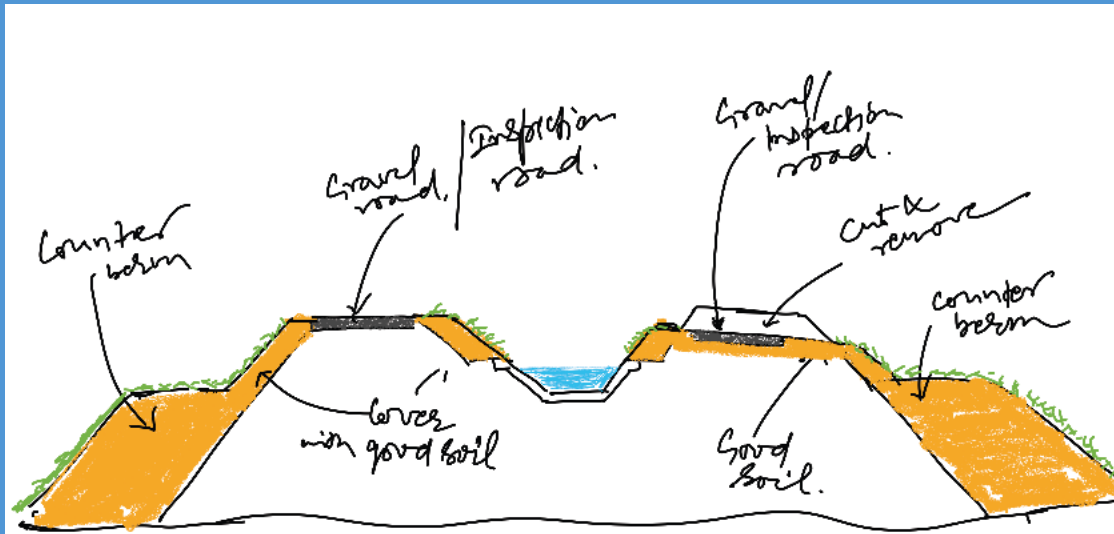


अहिले

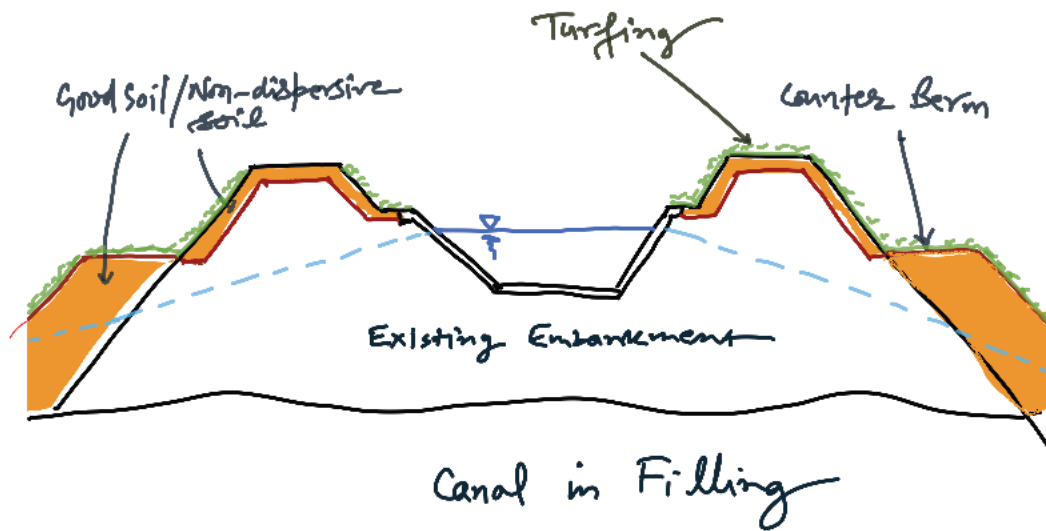


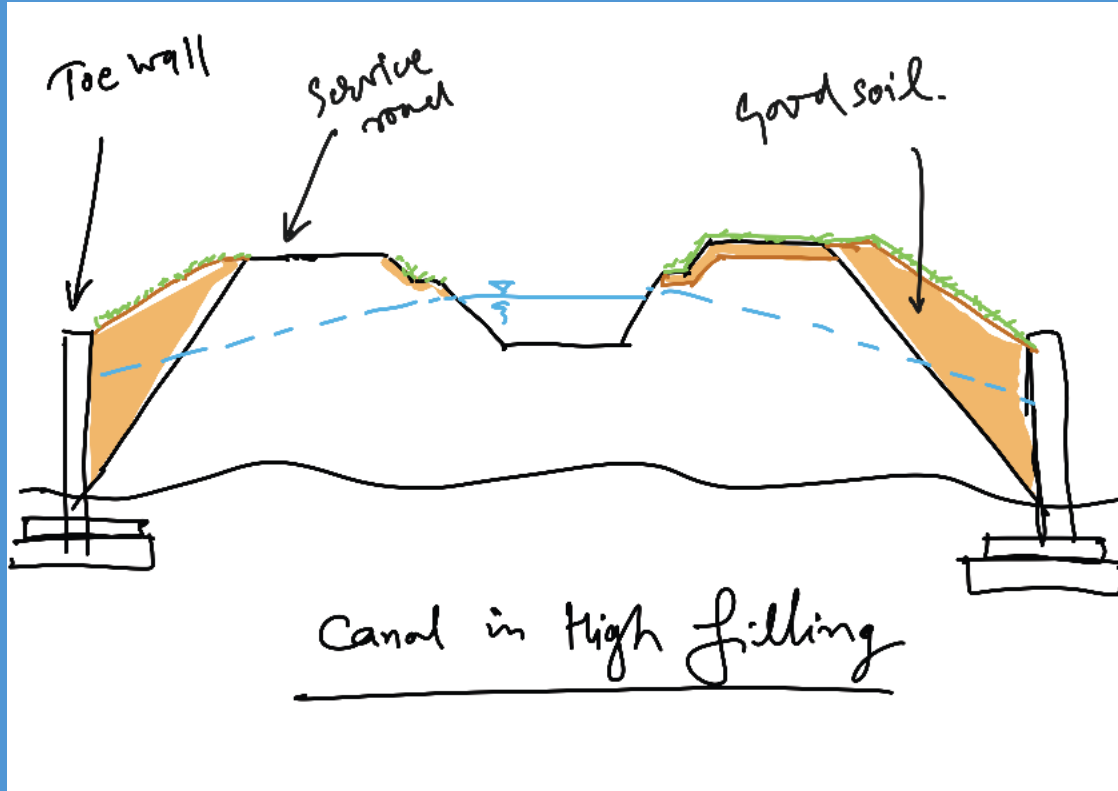


Canal in Cutting



Typical fill section
(Rehabilitation
work)





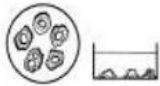
CRUMB TEST (ASTM D 6572-06)

Non-Dispersive



Water remains clear though particles may crumble.
Boundary of crumbs clearly defined

Slightly-Dispersive



Discoloration in surrounding particles or distinct cloudiness surrounding some.
Boundary of crumbs vaguely defined.

Dispersive



Discoloration and cloudiness surround most or all particles.
Boundary of crumbs not able to be defined.

Highly-Dispersive



Discoloration and cloudiness surround throughout, extending vertically throughout most or all water



Nil



Slight



Moderate



Severe

Test Results

- Results are interpreted after 1 hour and four grades of reaction are possible
 - No Reaction
 - Slight Reaction
 - Moderate Reaction
 - Strong Reaction

PINHOLE TEST (ASTM D 4647-93)

- This method presents a direct and qualitative measurement of dispersibility and consequent colloidal erodibility of clay soils by causing water to flow through a small hole punched in a soil specimen.

Test Apparatus

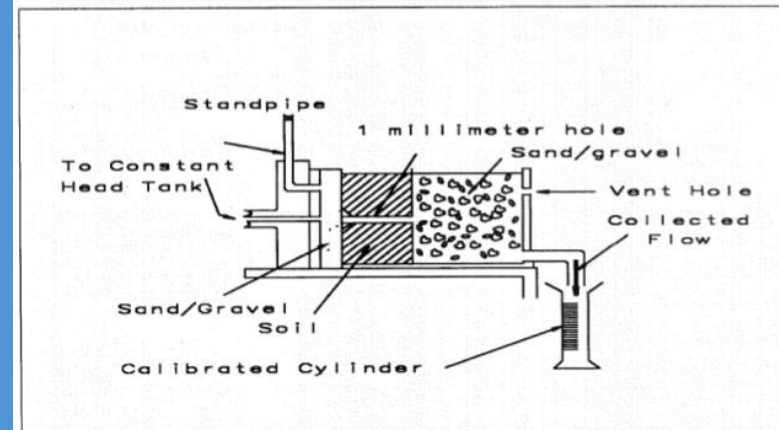


Tested Sample



Pinhole test - completed pinhole size measurement

Test Apparatus



Test Results

Pinhole tests are rated using the following summary of criteria:

D-1 The most severe reaction. The sample rapidly erodes at a head of 2 inches. The pinhole has enlarged to at least twice its diameter. The flow rate exceeds 1.2 milliliters per second after 5 minutes.

D-2 Severe erosion of the hole occurs at a head of 2 inches, but up to 10 minutes is required for the flow rate to increase to more than 1.0 milliliters per second. The eroded hole has a diameter of 1.5 millimeters or greater.

ND-4 The flow rate at a 2 inch head does not exceed 1.0 milliliters per second, but the turbidity of the collected water is at least slightly dark. The hole diameter is less than 1.5 millimeters. At a 7 inch head, if the flow rate is more than 1.4 milliliters per second, classify as ND-4.

ND-3 At a 7 inch head, after 5 minutes of flow, the turbidity is at least slightly dark, the flow rate is at least 1.4 milliliters per second, and the hole diameter is greater than 1.5 millimeters.

ND-2 At a 40 inch head, if any turbidity is observed, classify as ND-2. Note: Not all samples are tested to a 40 inch head, if evidence of failure occurs at lower heads.

ND-1 No erosion is observed even with 40 inches of head causing flow through the specimen. The collected water remains free of any colloidal cloud.

DOUBLE HYDROMETER TEST (ASTM D 4221-99)

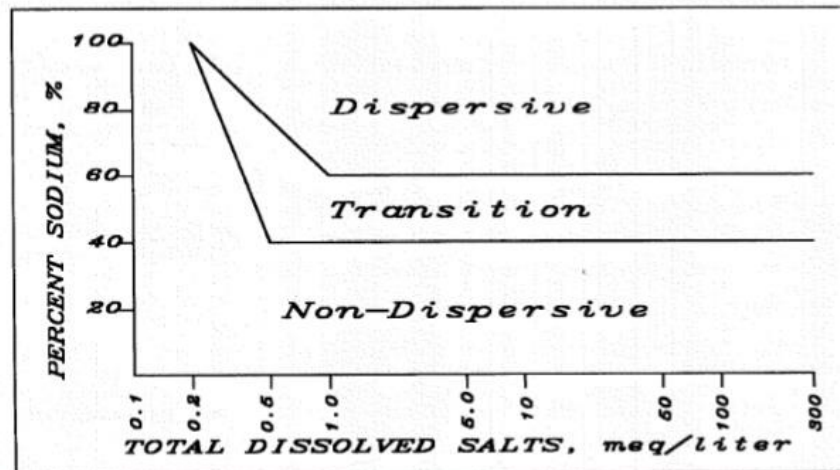
- This test method, when used in conjunction with standard hydrometer test method D422 on a duplicate soil sample, provides an indication of natural dispersive characteristics of clay soils.

Test Results

$$\% \text{ Dispersion} = \frac{\% \text{ Clay (0.005 mm) without dispersing agent}}{\% \text{ Clay (0.005 mm) with dispersing agent}} \times 100$$

Percent dispersion	Degree of dispersion
<30	Non dispersive
30 to 50	Intermediate
>50	Dispersive

Test Results



Chemical Test

- A sample of pore water is extracted from a saturated slurry of a soil sample and analysed for cations
- Based on field performance, a soil's total salt content and the percentage of the cations i.e. Sodium, are used to categorize the soil's dispersive characteristics.

$$\% \text{ Sodium} = \text{Na}(100) / \text{TDS}$$

Where $\text{TDS} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$

Test Results

Table 1 Relationship between degree of dispersion and percentage of exchangeable sodium

Rating	Exchangeable sodium percentage	Soil dispersion test
Non-sodic	<6	No dispersion evident after 24 hours. Aggregates slaked but not dispersed (milky) clay.
Slightly sodic	6 - 10	Dispersion (milky halo) evident after 24 hours. Soil aggregates slightly disperse
Moderately sodic	6 - 10	Dispersion (milky halo) evident after several hours. Soil aggregates partially disperse.
Highly sodic	>15	Dispersion (milky halo) evident in less than 30 minutes. Soil aggregates completely disperse.

5.1 ACTIVITIES THAT PROMOTE TUNNEL EROSION

In almost all cases tunnel erosion results from some form of disturbance resulting in rainwater or water with very low salt content coming into contact with dispersible subsoil. Changes to hydrology, such as concentration of flow in culverts, runoff from hardened areas and ponding of rainfall all increase risks of tunnel erosion. Typical activities that increase the risk of exposing dispersive subsoils to rainfall include;

- » Removal of topsoil.
- » Soil excavations.
- » Trenches and supply of services.
- » Roads and culverts.
- » Sewage and grey water disposal.
- » Dam construction.



Figure 16. Initiation of tunnel erosion caused by scalping or removing topsoil. Note that even a very thin layer of topsoil was able to prevent widespread tunnel erosion



Figure 18. (Same site as Figure 17) Tunnel erosion in footings intended for a large building. Erosion resulted from ponding of rainwater on highly dispersive fill. The fill contains a number of narrow slots (up to 1.2 meters deep) caused by surface water 'dissolving' through the footing.

- Some failure example in dispersive soil

Road construction in dispersive clay in Australia



Figure 25. Road surface breaking up due to construction on dispersive clays. This section of road is repaired 2-3 times a year.

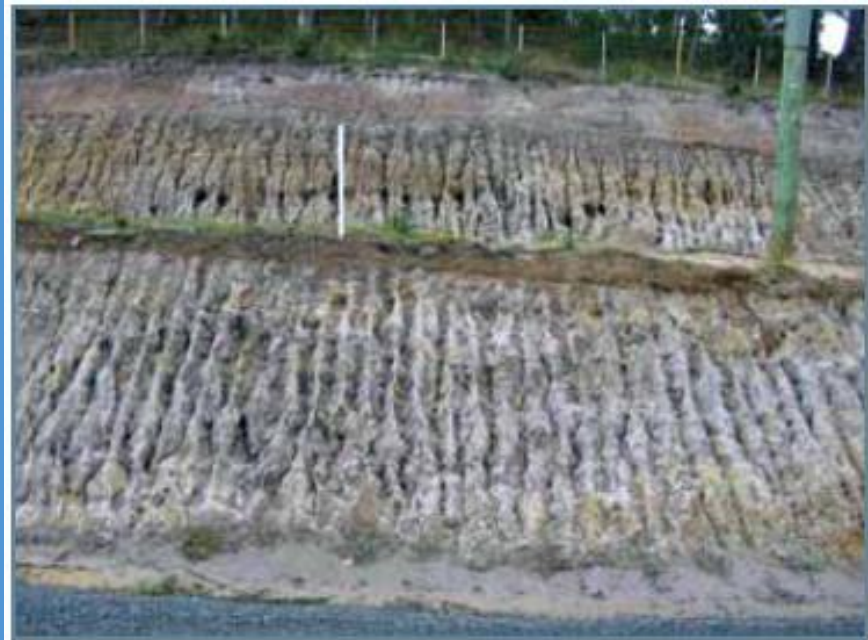


Figure 28. Rill and tunnel erosion caused by excavation of sodic soils for road construction. Dunalley.

Dam construction in dispersive clay in Australia



Figure 35. Failure of Blackman Creek dam (source: Davies Brothers). In 2005 the Blackman creek dam failed, resulting in the evacuation of Tunbridge. Doyle and Cumming (unpublished 2005) indicate the cause of the failure to be variability in the compaction of a slightly to a moderately dispersive soil layer, combined with rapid filling of the dam with low electrolyte water.



Figure 33. Typical small dam failure. Note piping through the side wall of the dam. This dam was constructed using dispersive clays derived from Triassic sandstone.

Canal construction in dispersive clay in Iran



Culvert and Trench construction in dispersive clay in Australia



Figure 24. Tunnel erosion resulting from construction of a stormwater culvert in dispersive clay derived from Triassic sandstone, Brighton.



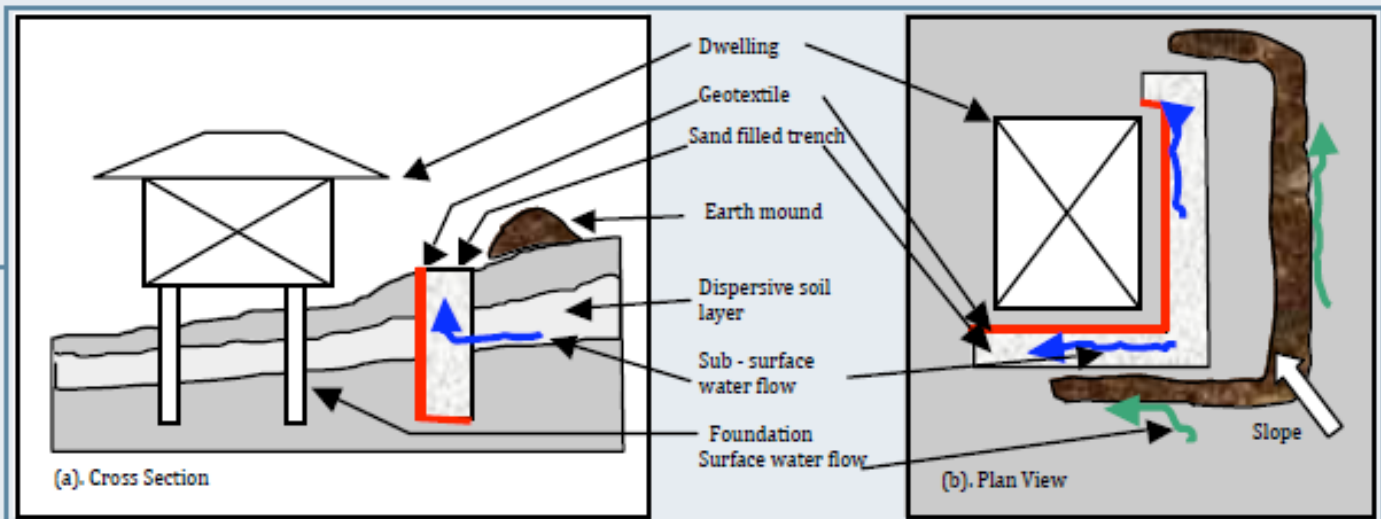
(a)

- Some techniques to solve the problem of dispersive soil

EMERGING TECHNIQUE: HYDROLOGICAL BARRIER

This technique for diverting surface and subsurface water away from footings has been proposed as an alternative, or an addition to pier or post foundations. The hydrological barrier technique involves construction of a sand and gypsum filled trench to the depth of the foundations around the upslope area of the dwelling (Figure 20). The sand – gypsum mixture acts to trap the dispersed silts pugging up the developing tunnel while allowing the water to come into contact with the gypsum and rise through the sand and away from the footings. An earth mound immediately above the sand filled trench acts to prevent surface runoff entering the trench. The hydrological barrier can be installed either during construction or fitted to existing dwellings after construction. While the hydrological barrier technique has only been trialled once in Tasmania (Duckett pers. comm.) the design principles result from successful use of sand blocks (Figures 14 & 15) for the prevention of tunnel erosion resulting from the installation of optical fibre cables in dispersive soils (Richley 1995 & 2000, Hardie *et al.*, 2007).

Figure 20. Hydrological barrier to isolate foundations from surface and groundwater (Duckett pers. comm.). (a) cross section view, (b) plan view.



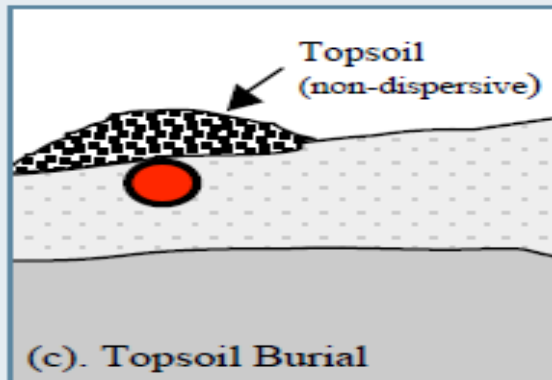
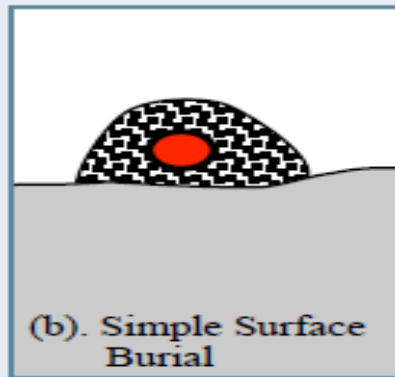
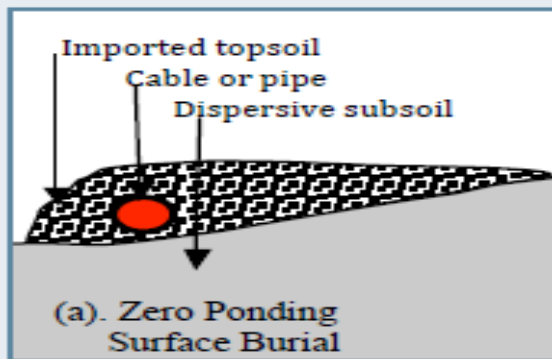


Figure 22. Cable and pipe installation techniques. (a) Good technique, surface burial of pipe or cable ensuring that ponding cannot collect on or behind the mound. (b) Average technique, simple surface burial, however ponding can occur behind the mound. (c) Good technique, where topsoil depth allows partial burial.

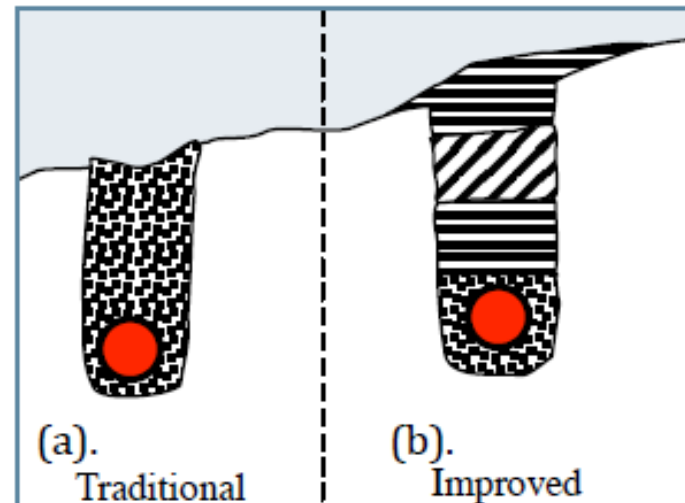


Figure 23. Improved trench design. (a). Traditional Trench. Note surface sinks allowing water to pond above trench. (b) Improved trench with individually compacted clay layers. The surface is finished above the ground surface to prevent ponding on top of the trench.

- Stop water entry into trench

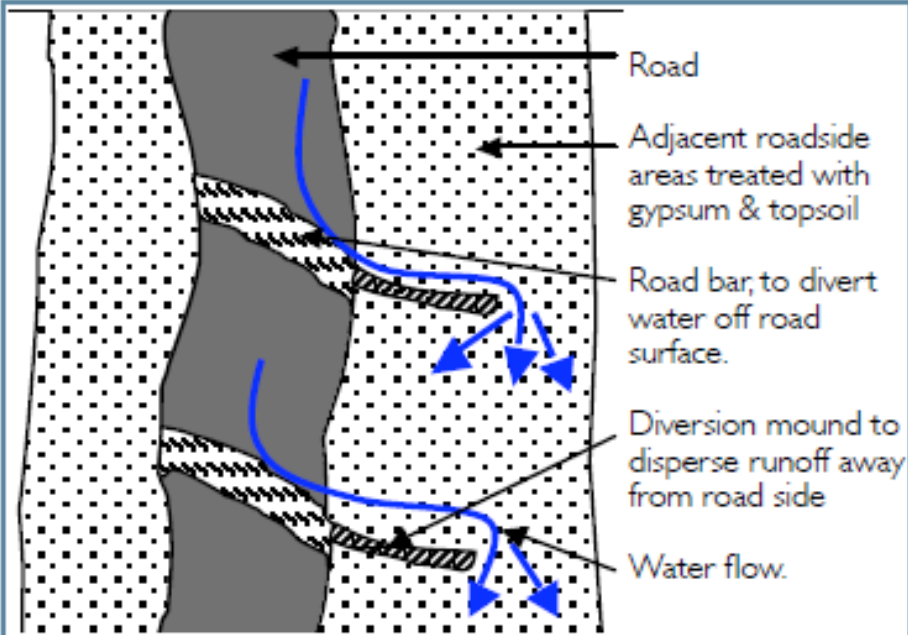


Figure 29. Alternative road design using road bars and diversion mounds to shed water into stable areas.



Figure 37. Good technique. Topsoil mounding, reclaimed tunnel erosion, Brighton. Note the width of earthworks required to fix a 50cm wide tunnel, and the raised profile to shed surface water. Jute cloth would prevent surface erosion until vegetation has established.

- Road bar

- TOP SOIL MOUNDING