

Энэхүү олон улсын стандартыг Дэлхийн Худалдааны Байгууллагын Худалдаан дахь Техникийн Саад Тогторын Хорооноос гаргасан Олон улсын стандарт, заавар, зөвлөмж боловсруулах зарчмын тухай шийдэрээр тогтоосон стандартчиллын талаарх олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн зарчмуудын дагуу боловсруулсан болно.

ASTM Тэмдэглэгээ: D7830/D7830M – 14 (2021 онд дахин баталсан)^{ε1}

**Хөрсний нягт хэмжигч цахилгаан соронзон багаж ашиглан
хөрсний нягт болон усны агууламжийг
газар дээр нь тодорхойлох стандарт шинжилгээний арга**

Энэхүү стандартыг тогтмол тэмдэглэгээ болох D7830/D7830M тэмдэглэгээгээр гаргасан ба тэмдэглэгээний арын тоо нь анхны үүсгэсэн оныг эсхүл шинэчилсэн тохиолдолд хамгийн сүүлд шинэчилсэн жилийг заана. Хаалтанд байгаа тоо нь хамгийн сүүлд дахин баталсан оныг заана. Эпсилон дээд үсэг нь сүүлийн засвар эсвэл дахин баталснаас хойших өөрчлөлтийг заана.

ε¹ ТАЙЛБАР – Ашигласан баримт бичгийн хэсгийг 2021 оны 07 дугаар сард шинэчлэн засварласан.

1. Хамрах хүрээ

- 1.1. Нийт нягтыг тодорхойлох, гравиметрийн аргаар усны агууламжийг тогтоох, дотоод эсэргүүцлийг хэмжих замаар нягтарсан хөрсний харьцангуй нягтыг тодорхойлох гэх мэт хөлдөөгүй, нягтраагүй хөрс, хөрс-чулууны хольцны газар дээрх үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох аргууд нь энэхүү шинжилгээний аргад багтана.
 - 1.1.1. Энэхүү шинжилгээний аргачлалд тусгагдсан аргачлал болон багаж тоног төхөөрөмж нь газар шорооны төслийн ажлын явцад талбайн чанарын хяналт хийхэд зориулагдсан. Талбай эсвэл материалын шинж чанар нь олж авахыг зорьсон үр дүн биш юм.
- 1.2. Нэгж – СИ (SI) нэгж эсвэл инч-фунт нэгжээр илэрхийлсэн утгуудыг стандарт гэж тусад нь авч үзнэ. Систем тус бүрт заасан утгууд нь яг тэнцүү байх албагүй; тиймээс систем бүрийг бие биеэс нь хамааралгүйгээр ашиглана. Хоёр системийн утгыг нэгтгэх нь стандартад нийцэхгүй байх магадлалтай.
 - 1.2.1. Инч-фунтын нэгжийн таталцлын системийг инч-фунтын нэгжтэй харьцах үед ашиглана. Уг системд фунт (lbf) нь хүчний нэгжийг (жин) илэрхийлэх ба массын нэгж нь слаг (slugs) юм. Зохистой слаг нэгжийг энэхүү стандартад тусгаагүй болно.
 - 1.2.2. Динамик тооцоолол хийхгүй бол масс болон хүчийг хоёуланг нь илэрхийлдэг нэгжүүдийг сольж ашиглах нь инженерийн мэргэжлийн хувьд энгийн дадал юм. Энэ нь туйлын систем ба гравиметрийн систем гэсэн хоёр тусдаа нэгжийн системийг далдуур нэгтгэдэг. Нэг стандартад хоёр өөр системийн ашиглалтыг нэгтгэх нь зохисгүй билээ. Жингийн фунт (lbm)-ээр эсвэл lbm/ft³ нягтаар хэмжих жинлүүр ашиглах нь энэхүү стандартад нийцэхгүй гэж үзэж болохгүй.

- 1.3. Бүх ажиглагдсан болон тооцоологдсон утгууд нь D6026 удирдамжид заагдсан цифр болон тоймтой нийцэж байх шаардлагатай.
- 1.3.1. Энэхүү стандартад өгөгдлийг хэрхэн цуглуулж, бүртгэж, тооцоолохыг тодорхойлоход ашигладаг журмыг салбарын стандарт гэж үздэг. Үүнээс гадна тэдгээр нь ерөнхийдөө байх ёстой чухал цифрүүдийн төлөөлөл юм.
- 1.3.2. Ашигласан журам нь материалын өөрчлөлт, өгөгдөл олж авах зорилго, тусгай зориулалтын судалгаа, эсвэл хэрэглэгчийн зорилгыг харгалзан үзэхгүй; ба тайлагнасан өгөгдлийн чухал цифрүүдийн тоог эдгээртэй уялдуулан нэмэгдүүлэх буюу багасгах нь практикт нийтлэг билээ. Инженерийн зураг төслийн судалгааны аргачлалд ашигласан онцгой цифрүүдийг авч үзэх нь энэхүү стандартын хамрах хүрээнээс давсан асуудал юм.
- 1.4. *Энэхүү стандартыг ашиглахтай холбоотой аливаа аюулгүй байдлын асуудал байгаа бол тэр бүгдийг энд тусгахыг зориогүй болно. Энэхүү стандартын хэрэглэгч нь аюулгүй байдал, эрүүл мэнд, байгаль орчны зохих зарчмыг бий болгож, ашиглахын өмнө зохицуулах хязгаарлалтыг тогтоох асуудлыг хариуцна.*
- Тайлбар 1 – ASTM Интернэйшнл нь энэхүү стандартад дурдсан аливаа зүйлтэй холбоотой патентын эрхийн хүчинтэй байдлын талаар ямар ч байр суурь илэрхийлэхгүй. Иймэрхүү патентын эрхийн хүчинтэй эсэх, эдгээр эрхийг зөрчих эрсдэл зэргийг тодорхойлох нь тэр чигээрээ энэхүү стандартын хэрэглэгчдийн өөрсдийнх нь хариуцлага гэдгийг онцгойлон дурдаж байна.
- 1.5. Энэхүү олон улсын стандартыг Дэлхийн Худалдааны Байгууллагын Худалдаан дахь Техникийн Саад Тотгорын Хорооноос гаргасан Олон улсын стандарт, заавар, зөвлөмж боловсруулах зарчмын тухай шийдэрээр тогтоосон стандартчиллын талаарх олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн зарчмуудын дагуу боловсруулсан болно.

2. Лавлах баримт бичгүүд

2.1. ASTM Стандартууд:²

D653 Хөрс, Чулуу болон шингэний агууламжтай холбоотой нэр томъёо

D698 Стандарт арга (12,400 ft-lbf/ft³ (600kN-m/m³)) ашиглан хөрсний лабораторийн нягтралын шинж чанарыг турших аргачлал

D1556/D1556M Элсэн конусын аргаар талбайд хөрсний нягтрал болон хувийн жинг турших аргачлал

D1557 Өөрчилсөн арга (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)) ашиглан хөрсний лабораторийн нягтралын шинж чанарыг турших аргачлал

D2167 Хөрсний нягтрал болон хувийн жинг резинэн бөмбөлөгийн аргаар турших аргачлал

D2216 Хөрс, чулуулгийн усны (чийг) агуулгыг массаар тодорхойлох лабораторийн туршилтын аргууд

D2937 Хөрсний нягтыг драйв-цилиндрийн аргаар турших аргачлал

D3740 Инженерийн зураг төсөл, барилга угсралтын ажилд ашиглагдах хөрс, чулуулгийн туршилт ба/эсвэл хяналт шалгалт явуулдаг байгууллагуудад тавигдах хамгийн бага шаардлага

D4253 Доргиурт хүснэгт ашиглан хөрсний нягт болон хувийн жингийн хамгийн их индексийг турших аргачлал

D4254 Хөрсний нягт болон хувийн жингийн хамгийн бага индекс болон харьцангуй нягтыг тооцоолох туршилтын аргачлал

D4318 Хөрсний урсалт, уян налархайн хязгаар, уян налархайн индексийг тодорхойлох туршилтын аргачлал

D4643 Богино долгионы зууханд халаах замаар хөрс, чулуулгийн усны агууламжийг тодорхойлох туршилтын аргачлал

D4718/D4718M Том ширхэглэл бүхий хөрсний хувийн жин болон усны агууламжийг өөрчлөх арга

D4944 Кальцийн карбидын хийн даралт хэмжигчээр хөрсөн дэх усны (чийг) хэмжээг тодорхойлох туршилтын аргачлал

D4959 Хөрсөн дэх усны агууламжийг шууд халаах аргаар тодорхойлох туршилтын аргачлал

D6026 Геотехникийн өгөгдлүүдийг ашиглах аргачлал

D6913/D6913M Шигшүүрийн шинжилгээ ашиглан хөрсний ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнийг (ширхэглэл) турших аргачлал

D6938 Цөмийн багаж ашиглан хөрс, хөрс-дүүргэгчийн нягт ба усны агууламжийг газар дээр нь хэмжих аргачлал (бага гүнд)

D7382 Доргиурт алх ашиглан зохист ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнтэй хөрсний хамгийн их хуурай үеийн нягтыг тодорхойлох туршилтын аргачлал

E691 Туршилтын аргын нарийвчлалыг тодорхойлох лаборатори хоорондын судалгааны аргачлал

2.2. *Бусад лавлах баримт бичгүүд:*

“Нягт хэмжигч цөмийн багажны хэрэгцээг арилгах зорилгоор цөмийн бус хөрсний нягт хэмжих багажыг хөгжүүлэх нь”

3. Нэр томъёо

3.1. *Тодорхойлолт:*

3.1.1. D653 нэр томъёоноос ерөнхий нэршилийг харна уу.

3.2. *Энэхүү стандартад хамаарах нэр томъёоны тодорхойлолт:*

3.2.1. Эсэргүүцэл – n-хувьсах гүйдлийг эсэргүүцэх хэмжүүр

3.2.2. *Эсэргүүцлийн спектроскоп*, n-орчны цахилгаан соронзон шинж чанарыг давтамжаар хэмжих арга.

4. Шинжилгээний аргачлалын хураангуй

- 4.1. Хөрс ба хөрсний дүүргэгчийн нийт эвсэл чийгтэй үеийн нягт болон гравиметрийн аргаар хэмжсэн усны агууламж нь цахилгаан соронзон эсэргүүцлийн спектроскопийн багаж ашиглан гаргаж авсан эмпирик өгөгдөлтэй хамааралтай байдаг. Хөрсний цахилгаан соронзон шинж чанарыг цахилгаан соронзон орны өөрчлөлтийг хэмжих замаар тодорхой давтамжтайгаар тодорхойлно. Хэд хэдэн давтамжийн цахилгаан шинж чанаруудын хоорондын хамаарлыг дүрсэлсэн функц үүсдэг. Усны агууламж болон нягтрыг тодорхойлохын тулд уг функцийг эмпирик загвар болон бусад тохируулга хийх туршилтуудтай харьцуулдаг.
- 4.2. Усны эзэлхүүн болон чийгтэй үеийн нягтыг тодорхойлохын тулд цахилгаан соронзон эсэргүүцийн спектроскопийг энэхүү аргачлалд ашигладаг. Хэмжилтийн спектр нь 30кГц-ээс 50МГц давтамжийн хэлбэлзэлд байна.
- 4.3. Хуурай нягт, усны агууламж, харьцангуй нягтрал зэрэг шинж чанаруудыг нийт нягтрал болон усны эзэлхүүнээс тооцоолон гаргадаг.

5. Ач холбогдол ба хэрэглээ

- 5.1. Энэхүү аргачлал нь нарийн төвөгтэй эсэргүүцлийн хэмжилтийн өгөгдлийг эмпирик загварт хамааруулан чийгтэй үеийн нягт ба усны агууламжийг тодорхойлдог. Эмпирик загвар бий болгохын тулд иргэний барилгын төслүүдэд тохиолддог ердийн хөрсний цахилгаан дамжуулах шинж чанарыг бусад аргуудаар тодорхойлсон чийгтэй үеийн нягт болон гравиметрийн аргаар хэмжсэн усны агууламжтай харьцуулдаг.
- 5.2. Хөрс болон хөрс-чулууны хольцны нийт нягт болон гравиметрийн усны агууламжийг газар дээр нь тодорхойлж, хуурай үеийн нягтыг тогтооход хэрэгтэй түргэн шуурхай, үл эвдэх техник бол энд тайлбарлаж буй шинжилгээний аргачлал билээ.
- 5.3. Энэхүү аргачлалыг барилга угсралтын ажлын чанарын хяналт болон нягтарсан хөрс ба хөрс-чулууны хольцыг хүлээн зөвшөөрөх эсэх, мөн судалгаа, хөгжүүлэлтэд ашиглаж болно. Үл эвдэх арга нь туршилтын нэг байршилд давтан хэмжилт хийх болон үр дүнд дүн шинжилгээ хийх боломжийг олгодог.

Тайлбар 2 – Энэхүү стандарт туршилтын аргачлалын үр дүнгийн чанар нь түүнийг гүйцэтгэж буй ажилтнуудын ур чадвар, ашигласан тоног төхөөрөмж, тоног төхөөрөмжийн тохиромжтой байдлаас хамаарна. D3740 стандартын шаардлагыг хангасан байгууллагуудыг ерөнхийдөө чадварлаг, дээж авах/туршилт/шалгалт зэргийг хийх чадвартай гэж үздэг. D3740 стандартыг дагаж мөрдсөх нь үр дүнгийн баталгаа болохгүй гэдгийг энэхүү стандартын хэрэглэгчдэд анхааруулж байна. Баталгаатай үр дүн нь олон хүчин зүйлээс хамаардаг; D3740 стандарт нь эдгээр хүчин зүйлсийн заримд нь үнэлгээ хийх аргаар хангадаг.

6. Саад ба хөндлөнгийн нөлөөлөл

- 6.1. Хөрсний загвар боловсруулах үед тогтоосон барилгын хөрс болон чулуунаас эрс ялгаатай металл биет эсвэл органик материал гэх мэт цахилгаан эсэргүүцлийн шинж чанартай шинжилгээний материалын согог нь туршилтын аргачлалын үнэн зөв байдалд нөлөөлж болно.

- 6.2. Химийн болон эрдэс бодисын найрлага нь шинжилгээний үр дүнд нөлөөлж болно. Үр дүнд нөлөөлж болох материалын жишээнд төмрийн өндөр концентрацитай шороон ордны материал, галт уулын чулуулаг, цементжүүлсэн тоосонцор их хэмжээгээр агуулсан материал, органик хөрс, дахин боловсруулсан материал, эсвэл асфальт, портланд цемент, шохой, үнс эсвэл бусад бэхжүүлэгч хувиргагч агуулсан материал зэрэг, гэхдээ үүгээр хязгаарлагдахгүй. Ихэнх тохиолдолд 7-р Бүлэгт заасан Тохруулгыг дагаж мөрдөснөөр үр нөлөөг зохистойгоор арилгах боломжтой юм.
- 6.3. Их хэмжээний давс эсвэл бохирдуулагч агуулсан гүний ус гэх мэт ус дамжуулах суваг нь маш ихээр нэмэгдүүлдэг. Ихэнх тохиолдолд 7-р Бүлэгт заасан Тохруулгыг дагаж мөрдөснөөр үр нөлөөг зохистойгоор арилгах боломжтой юм.
- 6.4. Энэхүү шинжилгээний аргачлалыг зөвхөн хөлдөөгүй байгаа хөрсөнд ашиглана. Температураас хамаарч хөрсний цахилгаан дамжуулах шинж чанар өөрчлөгддөг. Ерөнхийдөө хөрсний температур 10°C [50°F]-ээс их ба 40°C [104°F]-ээс бага үед туршилтыг хийнэ. Хөрсний цахилгаан дамжуулах шинж чанарт нөлөөлөх температурын нөлөөлөл нь хөрсний төрлөөс хамаардаг. Шаварлаг хөрс нь элсэрхэг хөрсөөс илүү температурт мэдрэг байдаг. Хөрсний температур загвар тохируулгад ашигласан температуртай ойролцоо байвал хэмжилт илүү үнэн зөв болно. Хөрсний температур загвар тохируулгын температураас 10°C [18°F]-ээс их зөрвөл температурын нөлөөллийн тохируулга хийх шаардлагатай. Тохирүүлгыг 7-р хэсэгт оруулав.
- 6.5. Хөрсийг турших багажыг муу эсвэл буруу байрлуулах нь туршилтын энэ аргаар гаргаж авах үр дүнгийн үнэн зөв байдалд нөлөөлж болно. Хөрсний жигд байдал, жигд бус гадаргуун бүтэц, их хэмжээний сүвшилтэй байх нь үр дүнгийн нарийвчлалыг бууруулж болзошгүй юм. Хөрсний багажийг зөв байрлуулах нь багажны цуглуулах цахилгаан эсэргүүцлийн хэмжилтийн чанарт чухал ач холбогдолтой байдаг.
- 6.6. Хэмжилтийн эзэлхүүн дэх том ширхэглэлүүд нь усны агууламж ба/эсвэл нягтын үр дүнг алдаатай болгож болзошгүй. Үе давхарга, дүүргэгч эсвэл сүвшил зэргээс шалтгаалж хөрсний жигд байдал алдагдсан гэж үзвэл туршилтын талбайг ухаж, нүдээр шалгаж, тухайн материал нь газар дээрх материалыг төлөөлж болох эсэх, мөн D4718/D4718M стандартын дагуу том ширхэглэлийг засаж өөрчлөх шаардлагатай эсэхийг тодорхойлно.
- 6.7. Туршилтын D698 эсвэл D1557 стандартыг ашиглан тодорхойлсон усны тохиромжтой усны агууламжаас хамаагүй хуурай эсвэл чийглэг хөрсний материалын хувьд бодит утгын зөрүү нэмэгдэж болно. Туршилтын арга D698 эсвэл D1557 стандартыг ашиглан тогтоосон хамгийн их хуурай үеийн нягтын 80%-иас бага хэмжээнд нягтаршсан хөрсний материалын хувьд бодит утгын зөрүү нэмэгдэж болно.
- 6.8. Нягтралын утга эсвэл усны агууламжийн утга эсвэл хоёулангых нь утгууд хязгаарлагдмал байх үед олж авсан хөрсний загвараар газар дээрх үл мэдэгдэх хөрсийг хэмжих оролдлого хийх нь нягтрал болон усны агууламжид алдаа гаргаж болзошгүй.

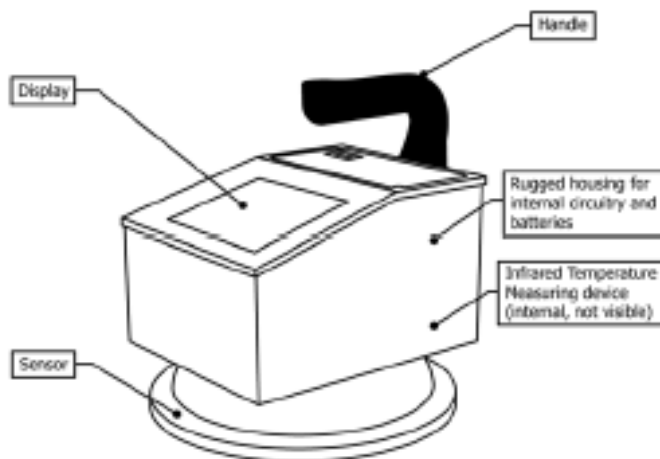
- 6.9. Өндөр хүчдэлийн шугамаас үүссэн хүчтэй цахилгаан соронзон орон нь багажны үйл ажиллагаанд саад учруулж болзошгүй.
- 6.10. 280 мм [11 инч] диаметртэй дугуй мэдрэгчийн хэмжих ердийн дээд хэмжээ нь ойролцоогоор 0.0034 мЗ [0.12 футЗ] байна. Бодит хэмжсэн эзэлхүүн нь тодорхойгүй байх ба хавтангийн диаметр, мэдрэгчийн тохиргоо, шалгаж буй материалаас хамаарч өөр өөр байдаг. Үр дүнд гадаргуутай ойрхон материалын нягтрал ба усны агууламж ихэвчлэн нөлөөлдөг.

7. Аппарат^{4,5}

- 7.1. *Хөрсний нягтыг тодорхойлох цахилгаан соронзон багаж* – Цахилгаан соронзон үүсгэж, хоёр электродын хоорондох дифференциал хүчдэлийн өөрчлөлтийг хэмжих чадвартай багаж. Багажны жишээг 1-р зурагт үзүүлсэн ба хөрсийг мэдэрдэг мэдрэгчийн бүдүүвч болон цахилгаан орон зайн хүрээг ойролцоогоор 2-р зурагт үзүүлэв. Аппаратын бүтцийн нарийн ширийн зүйлс өөр өөр байж болох ч систем нь дараах зүйлээс бүрдэнэ:
- 7.1.1. Мэдрэгчийг эрчим хүч, дохиоллын горимоор хангаж, өгөгдөл цуглуулах, харуулах функцээр хангах цахилгаан хэлхээ. Хэлхээ нь тухайн хэсэгт бий болох янз бүрийн нөхцөл болон материалын орчинд дүн шинжилгээ хийх гол төхөөрөмжид тохируулга хийхэд зориулагдсан.
- 7.1.2. Операторууд үр дүнг тэмдэглэж авахад тохиромжтой байдлаар дотоод хэлхээ нь хэмжилтийг дангаар нь харуулдаг байх.

⁴Одоогийн байдлаар ТрансТех Хөрсний Нягтралын Багажны ханган нийлүүлэлтийн цорын ганц эх үүсвэр нь Хорооны мэдэж байгаагаар Нью-Йорк мужийн Шенектади, Стэйт Гудамж 1594-д орших ТрансТех Системс компани юм. Та бүхэнд өөр ханган нийлүүлэгчийн хувилбартай холбоотой мэдээлэл байгаа бол ASTM Олон улсын байгууллагын төв оффист мэдэгдэхийг хүсэж байна. Таны санал хүсэлтийг Техникийн Зөвлөлийн хурлаар нягтлан авч үзэх бөгөөд уг хуралд таныг оролцуулж болно.

⁵Хөрсний нягт хэмжигч цахилгаан соронзон багаж нь патентаар хамгаалагдсан (Патентийн дугаар: US 7,219,024 B2). Сонирхсон талууд энэхүү патентлагдсан зүйлийн өөр хувилбарыг танилцуулахаар бол ASTM Олон улсын байгууллагын төв оффист хандахыг урьж байна. Таны санал хүсэлтийг Техникийн Зөвлөлийн хурлаар нягтлан авч үзэх бөгөөд уг хуралд таныг оролцуулж болно.



Зураг 1 Хөрсний нягт хэмжигч цахилгаан соронзон багаж

Зургийн тайлбар

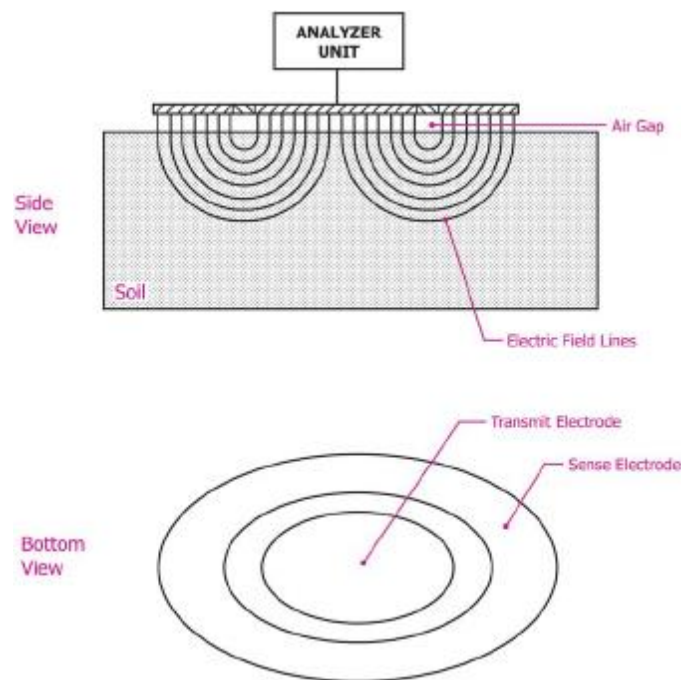
Display – Дэлгэц

Sensor – Мэдрэгч

Handle – Гар хөшүүрэг

Rugged housing for internal circuitry and batteries – Дотоод хэлхээ ба баттерейны хатуу хайрцаг

Infrared Temperature Measuring device (internal, not visible) – Хэт улаан туяаны температурыг хэмжих төхөөрөмж (дотоод, гадна талаас харагдахгүй)



Зураг 2 Мэдрэгчийн хэсэг ба схем

Analyzer unit – Дүн шинжилгээ хийх гол төхөөрөмж

Side view – Хажуу тал

Air Gap – Хоосон зай

Soil – Хөрс

Electric field lines – Цахилгаан орон зайн шугам

Bottom view – Доод тал

Transmit electrode – Дамжуулах электрод

Sense electrode – Мэдрэгч электрод

7.1.3. Ердийн газар шорооны ажлын үед хөрс, хөрс-чулууны хольцын нягтрал, усны агууламжийг газар дээр нь хэмжихэд зориулагдсан хатуу хайрцаг.

7.1.4. *Хэт улаан туяаны температурыг хэмжих төхөөрөмж* нь 0°C-ээс 50°C [30° - 120°F]-ийн хооронд $\pm 0.5^\circ\text{C}$ [$\pm 1^\circ\text{F}$] хүртэл туршилт хийж буй материалын гадаргуугийн температурыг хэмжих чадвартай байх ёстой.

7.1.5. *Хөрсний тохиргооны сав* – багажны тохиргооны савыг 8.5.1-р хэсэгт дүрслэв.

8. Тохиргоо

8.1. Үйлдвэрийн тохиргооны мэдээлэл болон шаардлагыг Хавсралт А1-ээс харна уу.

8.2. *Хөрсний нягт хэмжигч* нь хөрсний тусгай загвар ашиглахгүйгээр нягтруулсан хөрсний дээжин дэх чийг, нягтыг тодорхойлох зориулалттай. Янз бүрийн хөрсний төрлийг судлаж боловсруулсан хөрсний олон загварууд дээр суурилан чийг, нягтыг хэмждэг. Хөрсний нягтын хэмжилт нь эдгээр загварууд дээр суурилдаг тул хэмжиж буй хөрс нь өмнө нь судлагдсанаас тэс ондоо байвал хүлээн зөвшөөрөгдөх үр дүн боловсруулахын тулд хөрсний нягт хэмжигчид тохируулга хийх шаардлагатай болдог.⁶

8.3. Багажыг тохируулахад шаардагдах туршилтын параметруудийг тодорхойлно. Жишээлбэл, урьд өмнө нь байсан хөрсний загварыг сонгох эсвэл тохируулга хийх хөрсний загварын параметруудийг гараар оруулах.

8.3.1. Газар дээрх туршилт хийгдсэн талбайгаас эсвэл шороон ордны эх үүсвэрээс хөрсний дээж авах.

8.3.2. Туршилт хийх материалын лабораторийн нягтралын шинж чанарыг тодорхойлох. Нарийн ширхэглэлтэй хөрс эсвэл чулуутай хөрсний хамгийн их хуурай нягтыг тодорхой үзүүлэх D698 эсвэл D1557 туршилтын аргачлалууд эсвэл зохих ширхэглэлтэй материал зонхилсон бол D4253 эсвэл D7382 туршилтын аргачлалууд байна.

8.3.3. Хөрсийг урьдчилан тогтоосон зөв хөрсний загвартай холбох багажинд шаардагдах мэдээлэл нь дараах зүйлсээр хязгаарлагдахгүй: хамгийн их хуурай үеийн нягт; D698 эсвэл D1557 тестийн аргаар тодорхойлсон тохиромжтой усны агууламж; 75 мм [3 инч]-ээс том дээж; 75мм [3 инч]-ээс 19мм [0.75 инч]-ийн хооронд байх дээж; чулууны эзлэх хувь; элсний эзлэх хувь; нарийн ширхэглэлтэй материалын эзлэх хувь; жигд байдлын коэффициент; болон D6913/D6913M уян налархайн хязгаар туршилтын арга болон D4318 урсгалтын хязгаар туршилтын аргын муруйлтын коэффициент.

8.4. Ямар ч шинэ материал дээр гарсан усны агууламжийг хэмжигчийг ашиглахаас өмнө усны агуулгын утгуудыг D2216, D4643, D4944, эсвэл D4959 туршилтын арга гэх мэт өөр хүлээн зөвшөөрөгдсөн тестийн аргатай харьцуулан шалгах хэрэгтэй. Ямар ч шинэ материал дээр гарсан нягтралыг хэмжигчийг ашиглахаас өмнө утгуудыг D1556/D1556M, D2167, D2937 эсвэл D6938 тестийн арга зэрэг өөр хүлээн зөвшөөрөгдсөн тестийн аргатай харьцуулан шалгах хэрэгтэй. Хэрэглэгч өөрийн боловсруулалтын хүрээнд хааяа нэг багажны доороос дээж авч шинжилгээ хийж, багажнаас авсан усны агууламжийн утгуудыг харьцуулан баталгаажуулна. Багажнаас авсан усны агууламж болон нягтын утгыг зөв тогтоохын тулд үйлдвэрлэгчийн журмыг дагаж мөрдөнө.

8.5. Өмнө нь тохиргоо хийхэд ашиглаж байсан материалын төрлүүдээс эрс ялгаатай материал дээр шинжилгээ хийхийн өмнө тохиргоог шалгах хэрэгтэй. Хэрэв талбай дээр тохиргоо хийх шаардлагатай бол доорх аргуудыг баримтална.

8.5.1. Савны тохируулга – нягтарсан материалын сав бэлдэнэ

D2216, D4643, D4944 эсвэл D4959 туршилтын аргаар тодорхойлсон усны агууламж болон материалын массыг савны дотор талын эзэлхүүнээр хувааж бодсон чийгтэй үеийн нягт нь мэдэгдэж байгаа нягтарсан материалд сав бэлдэнэ.

8.5.1.1. Нягтарсан дээжийг бэлтгэхэд ашигладаг савнуудын хамгийн бага хэмжээ нь 0.66м [2фут] өргөн, 0.66м [2фут] урт, 0.33м [1фут] гүн байх ба нягтруулалтын явцад хэлбэрээ хадгалах чадвартай, үл-дамжуулагч материалаар хийсэн байна.

8.5.1.2. Тохируулгад ашиглах материал нь туршилт хийж байгаа материалтай ижил байх бөгөөд $\pm 2\%$ тохиромжтой чийгийн агууламжтай $95\% \pm 2\%$ хүртэл нягтарсан байна.

8.5.1.3. Тогтмол шинжилгээний үеэр тухайн талбайд байж болох ойролцоо температурт эсвэл хөрсөн дээр тохируулгыг хийнэ.

8.5.2. *Талбай дээрх тохируулга* – Нягтарсан дээжний бэлтгэсэн савнууд байхгүй бол өөр өөр усны агууламж бүхий нягтруулалтын материалаас авсан хамгийн багадаа гурван багц шинжилгээний үр дүнгийн хамаарлыг багажинд ашиглаж болно. Уг хамаарлыг ашиглахад туршилтын талбай нь усны агууламж болон нягтралын хэмжээг илэрхийлнэ. Туршилт бүр дээр багажны заалтыг дор хаяж гурван удаа авна. Талбай тус бүрийн нягтралыг D1556/D1556M, D2167, D2937 эсвэл D6938 туршилтын аргын дагуу хийсэн шинжилгээгээр баталгаажуулна. Талбай бүрийн усны агууламжийг D2216, D4643, D4944, эсвэл D4959 туршилтын аргын дагуу тогтооно. Давтагдсан заалтын утгыг шинжилгээний талбай бүрийн хамаарлын цэгийн утга болгож ашиглана.

8.5.2.1. Тогтмол шинжилгээний үеэр материалын температурт эсвэл ойролцоо байх материал дээр тохируулга хийнэ.

8.5.3. 8.5.2-оор тогтоосон усны агуулга болон багажаар хэмжсэн утга хоорондын зөрүүний дундаж утгыг тухайн талбайд хийгдсэн хэмжилтүүдийн хамааралд ашиглана.

8.5.3.1. Усны агууламжийн хамаарлыг гараар оруулж болох ба эсвэл уг багаж нь оффсет буюу засварлах онцлогтой бол уг багажинд оруулж болно.

8.5.4. 8.5.2-оор тогтоосон чийгтэй үеийн нягт болон багажаар хэмжсэн утга хоорондын зөрүүний дундаж утгыг тухайн талбайд хийгдсэн хэмжилтүүдийн хамааралд ашиглана.

8.5.4.1. Чийгтэй үеийн нягтралын хамаарлыг гараар оруулж болох ба эсвэл уг багаж нь оффсет буюу засварлах онцлогтой бол уг багажинд оруулж болно.

8.6. Цахилгаан дамжуулалтын хэмжилт хийхэд хэрэглэдэг аргачлал болон туршилтын аргууд нь тогтмол шинжилгээний үед хэрэглэдэгтэй ижил байх ёстой.

9. Аргачлал

9.1. *Шинжилгээний талбайг бэлтгэх:*

9.1.1. Гэрээний баримт бичгийн дагуу шинжилгээ хийх талбайг сонгох ба тухайн талбай нь нийт материалыг төлөөлж, болзошгүй саадыг багасгах боломжтой байна.

- 9.1.2. Шинжилгээ хийх материалын гадаргууг ил гаргахын тулд шаардлагатай бол бүх суларсан, холилдсон эсвэл бүрхсэн материалыг зайлуулна.
- 9.2. Багажыг шинжилгээ хийх материалын гадаргууд байрлуулна.
- 9.3. Нэг эвсэл түүнээс олон нягт болон усны агууламжийн хэмжилтийг найдвартай хийж, тэмдэглэнэ.
- 9.4. 1°C [0.5°F]-д хамгийн ойр хөрсний температурыг хэмжинэ. (Туршилтын үед материалын температур нь тохиргооны үеийн материалын температурыг төлөөлж байх ёстой.)
- 9.5. Багажыг зохистой ашиглаж, усны агууламж болон нягтралын аль алиных нь утгыг үнэн зөв гаргаж авахын тулд тохиромжтой үед нягтрал (8.5.4), усны агууламж (8.5.3) болон том ширхэглэл (D4718/D4718M) зэрэгт залруулга хийх нь зүйтэй.
- 9.6. Том ширхэглэл байгаа эсэх нь тодорхой бус байвал багажны доорх материалаас дээж авч, том ширхэглэл байгаа эсэх, том ширхэглэлийн хамаарлын харьцааг хянаж шалгах нь зүйтэй. Дараа нь усны агууламж болон нягтралын аль алинд нь D4718/4718M туршилын аргачлалаар чулууны залруулга хийж болно.

10. Үр дүнг тооцоолох

10.1. Чийгтэй үеийн нягтыг тодорхойлох, ρ_t :

10.1.1. Утгыг шууд кг/м^3 [lbm/ft^3] нэгжээр уншина.

10.1.2. 1 кг/м^3 [0.1 lbm/ft^3] нэгжид хамгийн ойр нягтыг тэмдэглэж авна.

10.1.2.1. Хэрэв хүсвэл γ_t чийгтэй үеийн жинг дараах байдлаар тооцоолно.

$$\gamma_t = 9.8066 \times \rho_t, \text{ N/m}^3 \quad (1) \text{ эсвэл}$$

$$\gamma_t = 62.428 \times \rho_t, \text{ lbf/ft}^3 \quad (2)$$

10.2. Усны агууламжийг тодорхойлох, w :

10.2.1. Утгыг шууд хувиар уншина.

10.2.2. Хэрэв багаж нь усны массыг нэгж эзэлхүүнээр тодорхойлбол, кг/м^3 [lbm/ft^3] -д M_w , дараах тэгшигтгэлийг ашиглан w -г тооцоолно:

$$w = \frac{M_w \times 100}{\rho_t - M_w} \quad (3)$$

эсвэл хэрэв багаж нь усны жинг нэгж эзэлхүүнээр тодорхойлбол, N/m^3 [lbm/ft^3] -д W_w , дараах тэгшигтгэлийг ашиглан w -г тооцоолно:

$$w = \frac{W_w \times 100}{\gamma_t - W_w} \quad (4)$$

10.2.3. 0.1%-тай хамгийн ойр усны агуулажийг тэмдэглэж авна.

10.3. *Хуурай үеийн нягтыг дараах аргачлалуудын нэгээр тодорхойлно:*

10.3.1. Хэрэв усны агууламжийг цахилгаан соронзон аргаар олж авсан бол багажны заалтыг kg/m^3 [lbm/ft^3] нэгжээр шууд авч хуурай үеийн нягтад ашиглана. Утгыг мөн дараахаас тооцож болно:

$$\rho_d = \rho_t - M_w = \text{dry density, kg/m}^3 \text{ [1 b m / ft}^3\text{]} \quad (5)$$

$$\gamma_d = \gamma_t - W_w = \text{dry unit weight, N/m}^3 \text{ [1 b f / ft}^3\text{]} \quad (6)$$

10.3.2. Хэрэв усны агууламжийг хөрсний дээжнээс гараар тодорхойлох бол журмыг мөрдөж, сонгосон туршилтын аргын тооцооллыг хийж гүйцэтгэнэ. (Туршилтын аргачлалууд D2216, D4643, D4944, эсвэл D4959).

10.3.3. 10.3.2-оос усны агууламжийн утгыг авч хуурай үеийн нягтыг дараах аргаар тооцоолно:

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{w}{100}} \quad (7)$$

10.3.4. 1 kg/m^3 [0.1 lbm/ft^3]-д хамгийн ойр хуурай үеийн нягтыг тэмдэглэж авна.

10.3.4.1. Хэрэв хүсвэл γ_d хуурай хувийн жинг дараах байдлаар тооцоолно:

$$\gamma_d \text{ (k N / m}^3\text{)} = 0.0098066 \times \rho_d \text{ (k g / m}^3\text{)} \quad (8)$$

эсвэл

$$\gamma_d \text{ (1 b f / ft}^3\text{)} = 0.062428 \times \rho_d \text{ (k g / m}^3\text{)} \quad (9)$$

10.4. *Нягтралын хувийг тодорхойлох:*

10.4.1. D698, D1557, D4253 эсвэл D4254 туршилтын аргачлал гэх мэт лабораторийн нягтралын хувиар хуурай үеийн нягтыг газар дээр нь олж авахыг илүүд үзэж болох юм. Энэ харьцааг *газар дээрх хуурай үеийн нягтыг лабораторийн хамгийн их хуурай үеийн нягтаар* хувааж, 100-аар үржүүлэх замаар тооцож болно. Харьцангуй нягтыг тооцоолох арга нь D4254 туршилтын аргачлалд багтсан байдаг ба үүнд D4253 туршилтын аргыг мөн гүйцэтгэдэг. Шаардлагатай тохиолдолд том ширхэглэлтэй материалд D4718/D4718M туршилтын аргачлалаар залруулга хийж гүйцэтгэнэ.

11. Тайлан: Шинжилгээний өгөгдлийн хуудас(ууд)/Загвар(ууд)/Эцсийн Тайлан(ууд)

11.1. *Талбайн өгөгдлийн бүртгэлд нь хамгийн багадаа дараах зүйлсийг оруулсан байна:*

11.1.1. Шинжилгээний дугаар эсвэл шинжилгээний тодорхойлолт:

- 11.1.2. Шинжилгээний байршил (жишээлбэл, пикет эсвэл GPS-ийн байршил, координат эсвэл бусад тодорхойлох мэдээлэл)
- 11.1.3. Шинжилгээ хийсэн материалын талаарх нүдээр харж гаргасан тодорхойлолт.
- 11.1.4. Өргөлтийн тоо эсвэл өндөр эсвэл гүн.
- 11.1.5. Оператор(ууд)-ын нэр.
- 11.1.6. Шинжилгээний багажны үйлдвэр, загвар, серийн дугаар.
- 11.1.7. Шинжилгээ хийсэн өдөр, стандартчилал болон тохируулгын мэдээлэл.
- 11.1.8. Үр дүнгийн утгад аливаа залруулга хийсэн эсэх ба эдгээр залруулга хийх болсон шалтгаан (том ширхэглэл, усны агууламж).
- 11.1.9. Лабораторийн хамгийн их нягтын утга, кг/м³ [lbm/ft³].
- 11.1.10. Хуурай үеийн нягт, кг/м³ [lbm/ft³].
- 11.1.11. Чийгтэй үеийн нягт, кг/м³ [lbm/ft³].
- 11.1.12. Гравиметрийн усны агууламж, хувиар.
- 11.1.13. Нягтруулалтын хувь.
- 11.1.14. Хөрсний температур.
- 11.1.15. Шинжилгээний үеэр хийсэн ажиглалт нь үүгээр хязгаарлагдахгүй: талбайн нөхцөл байдал, цаг агаар, шинжилгээ хийж байгаа материал, нягтруулалтад ашиглагдсан төхөөрөмж.
- 11.2. *Эцсийн Тайлан (шаардагдах хамгийн бага мэдээлэл):*
 - 11.2.1. Шинжилгээний дугаар.
 - 11.2.2. Багажны серийн дугаар.
 - 11.2.3. Шинжилгээний байршил (жишээлбэл, пикет эсвэл GPS-ийн байршил, координат эсвэл бусад тодорхойлох мэдээлэл)
 - 11.2.4. Өргөлтийн тоо эсвэл өндөр эсвэл гүн.
 - 11.2.5. Усны агууламж, хувиар.
 - 11.2.6. Лабораторийн хамгийн их нягтын утга, кг/м³ [lbm/ft³].
 - 11.2.7. Хуурай үеийн нягтын үр дүн, кг/м³ [lbm/ft³].
 - 11.2.8. Нягтруулалтын хувь.
 - 11.2.9. Оператор(ууд)-ын нэр.

12. Нарийвчлал ба хазайлт

- 12.1. *Нарийвчлал* – Энэхүү туршилтын аргачлалын шинж чанараас шалтгаалан бүрэн шинжилгээний мэдээллийн нарийвчлалыг E691 туршилтын аргын дагуу гаргаж ирээгүй. Энэ цаг үед арав ба түүнээс олон байгууллага аль нэг талбайд туршилт хийхэд оролцох боломжгүй эсвэл энэ нь хэт үнэтэй болно. Дэд хороо (D18.08) нь хязгаарлагдмал мэдээлэл бүхий нарийвчлал гаргахад хэрэг болохуйц аливаа өгөгдөл хуваалцахыг энэхүү туршилтын аргачлалыг хэрэглэгчдээс хүлээж байна. Энэ нь нарийвчлал дээр хязгаарлагдмал мэдэгдэл хийхэд ашиглаж болох

юм. Даалгаврын баг D18.08.03 нь нарийвчлалд зориулан янз бүрийн хөрсний мэдээллийг гаргаж авахын тулд ASTM-ийн ивээн тэтгэсэн интерлабораторийн судалгаа (ILS)-г хүлээн байна.

12.1.1. E691 туршилтын нарийвчлалын судалгааны оронд “Нягт хэмжигч цөмийн багажны хэрэгцээг арилгах зорилгоор цөмийн бус хөрсний нягт хэмжих багажыг хөгжүүлэх нь” аргачлалаас авсан дараах мэдээллийг 1, 2-р Хүснэгтэд үзүүллээ. Шинжилгээ хийсэн материалуудын тодорхойлолтыг 3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

12.2. Нягтын хазайлт – Материал болон барилга угсралтын ажлын ялгаатай байдлаас шалтгаалан энэхүү шинжилгээг нягтыг хэмжих хамгийн оновчтой шинжилгээний аргатай харьцуулсан аливаа санал зөвшилцөл байдаггүй. Тиймээс, хазайлтын талаарх мэдэгдлийг хийх боломжгүй байна.

12.3. Усны агууламжийн хазайлт – Энэхүү шинжилгээний аргачлалд хүлээн зөвшөөрөгдсөн лавлах утга байхгүй учраас хазайлтыг тодорхойлох боломжгүй. Үр дүнг харьцуулан D2216 туршилтын аргачлалаас зөрүүтэй байгааг тодорхойлж болно.

13. Түлхүүр үгс

13.1. Хүлээн зөвшөөрөх шинжилгээ; нягтруулалтын шинжилгээ; барилгын хяналт; хуурай нягт; нягт хэмжигч цахилгаан соронзон багаж; талбайн нягт;

ХҮСНЭГТ 1 Дан Оператортай Нарийвчлал

Тайлбар 1—Нэг оператортой нэг багаж, нэг байршил бүр дээр.

USCS	SP	GP-GM	CL	GP-GM	GW-GM	CL-ML
Чийгтэй нягт kg/m ³ [lbm/ft ³]	2077 ± 0.9 [129.7 ± 1.9]	2228 ± 17 [139.1 ± 1.1]	2040 ± 4.6 [127.4 ± 0.3]	2246 ± 12 [140.2 ± 0.8]	1868 ± 21.2 [116.6 ± 1.3]	1920 ± 15.8 [119.8 ± 1.0]
Эзэлхүүний ус kg/m ³ [lbm/ft ³]	133 ± 8.0 [8.3 ± 0.5]	167 ± 3.2 [10.4 ± 0.2]	373 ± 1.6 [23.3 ± 0.1]	151 ± 4.8 [9.4 ± 0.3]	86 ± 4.8 [5.4 ± 0.3]	181 ± 3.2 [11.3 ± 0.2]
Хуурай нягт kg/m ³ [lbm/ft ³]	1945 ± 23.2 [121.4 ± 1.4]	2061 ± 13.6 [128.7 ± 0.8]	1667 ± 3.3 [104.1 ± 0.2]	2096 ± 6.9 [130.8 ± 0.4]	1781 ± 16.4 [111.2 ± 1.0]	1723 ± 12.3 [107.6 ± 0.8]
Ус (%)	6.8 ± 0.3	8.0 ± 0.1	22.4 ± 0.03	7.2 ± 0.2	4.9 ± 0.2	11.4 ± 0.1

ХҮСНЭГТ 2 Олон-Оператортой Нарийвчлал

Тайлбар 1—Дөрвөн оператортой дөрвөн багаж, зургаан байршил дээр.

USCS	SP	GP-GM	CL	GP-GM	GW-GM	CL-ML
Чийгтэй нягт kg/m ³ [lbm/ft ³]	2052 ± 84.9 [128.1 ± 5.3]	2185 ± 104.1 [136.4 ± 6.5]	2041 ± 9.6 [127.4 ± 0.6]	2235 ± 14.4 [139.5 ± 0.9]	1863 ± 30.4 [116.3 ± 1.9]	1869 ± 64.1 [116.7 ± 4.0]
Эзэлхүүний ус kg/m ³ [lbm/ft ³]	127 ± 22.4 [7.9 ± 1.4]	159 ± 24 [9.9 ± 1.5]	373 ± 3.2 [23.3 ± 0.2]	146 ± 8 [9.1 ± 0.5]	86 ± 6.4 [5.4 ± 0.4]	184 ± 16 [11.5 ± 1.0]
Хуурай нягт kg/m ³ [lbm/ft ³]	1925 ± 62.5 [120.2 ± 3.9]	2026 ± 80.1 [126.5 ± 5.0]	1669 ± 6.4 [104.2 ± 0.4]	2089 ± 8.0 [130.4 ± 0.5]	1776 ± 24.0 [110.9 ± 1.5]	1685 ± 48.1 [105.2 ± 3.0]
Ус (%)	6.6 ± 1.0	7.8 ± 0.9	22.4 ± 0.1	7.0 ± 0.3	4.8 ± 0.3	10.9 ± 0.7

ХҮСНЭГТ 3 Шинжилгээ хийсэн материалын тодорхойлолт

	USCS	Нийтлэг нэршил
1	SP (Элс хайргатай муу ширхэглэл)	100 mm [4 in.] Шороон ордны хайрга
2	GP-GM (Тоос, элстэй муу ширхэглэлтэй хайрга)	31.5 mm [1¼ in.] Буталсан чулуун суурь
3	CL (Нимгэн шавар)	Улаан тоосорхог шавар
4	GP-GM (Тоос, элстэй муу ширхэглэлтэй хайрга)	Зохиц ширхэглэлтэй чулуун суурь
5	GW-GM (Тоос, элстэй сайн ширхэглэлтэй хайрга)	Чулуурхаг улаан элс
6	CL-ML (Тоосорхог шавар)	Улаан элсэрхэг шавар

Эсэргүүцлийн спектроскоп; газар дээрх нягт; үл эвдэх шинжилгээ; цөмийн бус туршилтын арга; чанарын хяналт; хөрсний нягт; чийгтэй үеийн нягт

ХАВСРАЛТ

(Нэн чухал мэдээлэл)

A1. ҮЙЛДВЭРИЙН ТОХИРГОО

A1.1. Тохиргоо – Багажуудын тохиргоог эхний удаа, засвар бүрийн дараагаар, 12 сараас ихгүй хугацааны давтамжтайгаар хийнэ.

A1.1.1. Багажны тохиргооны хариу нь багажны тохиргоо хийсэн $\pm 16 \text{ кг/м}^3$ [$\pm 1.0 \text{ lbm/ft}^3$] блок дотор байна. Энэхүү тохиргоог үйлдвэрлэгч эсвэл үйлдвэрлэгчийн гэрчилгээтэй засвар, тохиргооны хэрэгслээр гүйцэтгэнэ. Хэмжилт хийсэн материалын химийн болон минералогийн найрлага нь эсэргүүцэлд нөлөөлдөг. Энэхүү хариу үйлдлийг тохируулгын блокны нягтыг тогтоох үедээ авч үзэх ёстой. Тохируулгад ашиглах материал нь газар шорооны төслүүдэд түгээмэл байдаг нягт болон усны агууламжийг төлөөлнө. Блокуудын нягтыг тодорхойлохдоо блокны тооцоот стандарт гажилт нь хэмжсэн блокын нягтын 1.0%-иас хэтрэхгүй байхаар тодорхойлно.

A1.1.2. Тохиргоо хийх эсвэл шалгахад ашигладаг блок(ууд)-ын нягтыг 5-аас хэтрэхгүй хугацаанд дахин тогтоох буюу шалгах.

A1.1.3. Талбайн хэрэглээнд шаардагдах багажны нарийвчлалын хамгийн багадаа нэг-хагасыг хангах зорилгоор тохируулгын блок бүр дээр хангалттай өгөгдөл авна. Өгөгдлийг график, хүснэгт, тэгшитгэл эсвэл коэффициент хэлбэрээр танилцуулах эсвэл багажинд хадгалснаар залруулга хийх боломжтой болно.

A1.1.4. Тохиргооны өгөгдлийг тооцоолоход ашигладаг арга болон шинжилгээний горим нь талбайн өгөгдлийг олж авахад хэрэглэдэг аргачлалтай ижил байна.

A1.1.5. Тохиргоог тогтоох эсвэл шалгахад ашигладаг тохиргооны блок бүрийн материалын төрөл, бодит нягт эсвэл тооцсон нягтыг тохиргооны өгөгдлийн нэг хэсэг болгон бичнэ.

A1.1.6. Тохиргооны блокууд нь хэмжээний хувьд хангалттай байх ёстой. Ингэснээр блокыг ямар ч хэмжээгээр томсгосон бай цахилгаан хэмжилт өөрчлөгдөхгүй.

A2. БАГАЖНЫ НАРИЙВЧЛАЛ

A2.1. Хэмжүүрийн нарийвчлал нь хэмжсэн цахилгаан дохионы нэг стандарт хазайлттай харгалзах нэгж эзэлхүүн дэх нягтрал эсвэл усны массын өөрчлөлтөөр тодорхойлогддог. Материалын нягт болон усны агууламжийг зааж өгөх ёстой.

A2.1.1. Чийгтэй үеийн нягтанд A2.1.2-т тодорхойлсон давтах аргачлалыг ашиглан тооцоолол хийж, $1920 \pm 80 \text{ кг/м}^3$ ($120.0 \pm 5 \text{ lbm/ft}^3$) нягттай материалыг ашиглана. Р-ийн ердийн утга нь $<16 \text{ кг/м}^3$ [1.0 lbm/ft^3] байна.

A2.1.2 Багажны нарийвчлал – Давтах Аргачлал – багажийг авч заалтуудын хоорондох ижил байршилд байрлуулахдаа хамгийн багадаа 20 удаа давтан хэмжилт хийнэ. Үр дүнгийн заалтуудын стандарт хазайлтыг тооцоолно. Энэ нь багажны нарийвчлал юм.

ХАВСРАЛТ

(Чухал бус мэдээлэл)

X1. ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ЭСЭРГҮҮЦЛИЙН СПЕКТРОСКОПООР АВСАН ХӨРСНИЙ НЯГТ БОЛОН ЧИЙГ

X1.1. Хөрсний шинж чанарын улмаас цахилгаан соронзон орон дахь хувьсал нь хөрсний шинж чанарыг олон жилийн турш үржүүлэх үндэс болж ашиглагдаж байна. Шлюмбергер болон Веннер (1-3)⁷ нарын бүтээл нь цахилгаан-эсэргүүцлийн мэдрэгч ашиглан газар дээрх хөрсний олон талт дүр зургийг тодорхойлоход чиглэгдсэн. Дараа нь хөрсний чийг болон хөрсний чийгтэй үеийн нягтыг тодорхойлох янз бүрийн нэвчилтийн туршилтын загварыг боловсруулсан (Дрневич (4) болон Андерсон (5)). Эдгээр бүх аргууд нь туршилтыг газар дээр нь явуулахыг шаарддаг. Үл-нэвтлэх, дугуй таваг, копланар бөгж ашиглан өөр хувилбар боловсруулсан байдаг.

X1.2. Тайлбарлаж буй хэрэгсэл болох ТрансТех Хөрсний Нягт Хэмжигч Багаж нь эсэргүүцлийн хэмжилтийн өгөгдлийг эмпирик загварт хамааруулан чийгтэй үеийн нягт ба усны агууламжийг тодорхойлдог. Уг төхөөрөмж нь тогтоосон гүн дэх хөрсөнд цахилгаан орон зай бий болгож, шинжилгээ хийж байгаа материалын эсэргүүцлийг хэмждэг. Дараа нь цахилгаан соронзон эсэргүүцлийн спектроскоп ашиглан эзэлхүүний чийгийн агууламж болон чийгтэй үеийн нягтыг тодорхойлно. Хэмжилтийн спектр нь 30 кГц-аас 50 МГц хооронд давтамжтай байна. Эмпирик загвар бий болгохын тулд иргэний барилгын төслүүдэд тохиолддог ердийн хөрсний цахилгаан дамжуулах шинж чанарыг бусад хүлээн зөвшөөрөгдсөн аргуудаар тодорхойлсон чийгтэй үеийн нягт болон чийгийн агууламжтай харьцуулдаг.

X1.2.1. Эсэргүүцлийг бичихдээ:

$$Z = R + jX \quad (X1.1)$$

Энд:

Z = эсэргүүцэл, Ом-оор хэмжигдэнэ,

R = эсрэг үйлчлэл, Ом-оор хэмжигдэнэ,

X = цахилгаан эсэргүүцэл, Ом-оор хэмжигдэнэ,

j = төсөөллийн нэгж.

X1.2.2. Өөр томъёоллыг дор үзүүлэв:

$$Y = 1/Z = G + jB \quad (X1.2)$$

Энд:

Y = цахилгаан дамжуулалт, сименсээр хэмжигдэнэ (мөн mho гэж нэрлэгддэг ба Ом дахь эсэргүүцлийн эсрэг утгатай),

G = цахилгаан дамжуулах чадвар, сименсээр хэмжигдэнэ,

B = мэдрэмтгий чанар, сименсээр хэмжигдэнэ.

X1.2.3. Мэдрэмтгий чанарыг дараах байдлаар бичиж болно:

$$B = -X / X^2 + R^2 \quad (X1.3)$$

X1.3. Бид хяналтын параметруудийг (чийгтэй үеийн нягт болон гравиметрийн аргаар тогтоосон чийг) хамгийн сайн төлөөлдөг эсэргүүцлийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг олж тогтоосон. Дараа нь дүн шинжилгээний урьдчилсан таамаглалыг шалгах зорилгоор хөрсний хяналтын үзүүлэлтүүдийг эсэргүүцлийн бүрэлдэхүүний спектрографийн төлөөлөлтэй харьцуулсан. Үүний дараагаар эдгээр төлөөллийг хяналтын үзүүлэлтүүдийн утгыг урьдчилан байдлаар тооцоолоход ашигласан. Үр дүнд нь чийгтэй үеийн нягтын хувьд мэдрэмтгий чанарын спектрографийн налуу нь статистикийн

хамгийн сайн уялдаа холбоог хангаж, эсрэг үйлчлэлийн спектрографийн налуу нь чийгтэй хамгийн сайн уялдаа холбоог хангаж өгсөн байна.

X1.3.1. Нойтон нягт нь цахилгаан соронзон эсэргүүцлийн спектроскопын хэмжилтээр тухайн төхөөрөмжөөр хэмжигддэг хэмжээний дундаж утгыг илэрхийлнэ. Янз бүрийн спектрографийн эсэргүүцлийн шинж чанарыг задлан шинжилж, статистик үнэлгээнд үндэслэн, олон давтамжтай мэдрэмтгий чанарын спектрографийн үнэлгээ Б нь бусад хүлээн зөвшөөрөгдсөн аргуудаар тогтоогдсон хэмжилтүүд болон чийгтэй үеийн нягтын хоорондох хамгийн сайн эмпирик уялдаа холбоог хангадаг болохыг тогтоосон.

X1.3.2. Ашигласан нэр томъёо нь нягтын функц болох D бөгөөд энэ нь хэмжилт хийж буй хөрс болон олон давтамжтай мэдрэмтгий чанарын спектрографийн функц юм. Дараах жишээгээр хөрсийг GP-GM гэж ангилдаг.

$$D_{GP-GM} = \Delta V_{GP-GM} / \Delta f_{(f_i - f_n)} \quad (X1.4)$$

Энд:

D_{GP-GM} = V_{GP-GM} -ийн налууд суурилсан хөрсний GP-GM төрлийн нягтын функц

V_{GP-GM} = GP-GM төрлийн хөрсөнд хэмжсэн мэдрэмжгий чанар,

$f_i - f_n$ = D_{GP-GM} -ийн налууг тодорхойлох давтамжийн хэмжээ.

X1.3.2. Дараа нь энэ функц нь бусад хүлээн зөвшөөрөгдсөн аргуудаар тодорхойлогддог чийгтэй үеийн нягттай эмпирик байдлаар хамааралтай шугаман хамгийн бага квадратуудыг дараах байдлаар тооцно:

$$\rho_t = m_d * D + b_d \quad (X1.5)$$

энд:

ρ_t = тохирох нэгжтэй чийгтэй үеийн нягт,

m_d = эмпирик шугаман муруйн аргаар тодорхойлсон налуу,

b_d = эмпирик шугаман муруйн аргаар тодорхойлсон оффсет.

X1.4. Хяналттай лабораторийн нягтын туршилтыг GP-GM ангиллын шаварлаг хайргатай хөрсөнд хийсэн. Проктор ба материалын ширхэглэлийн өгөгдлийг олж авсан. Хөрсийг устай хольж зууханд хатаах туршилтаар 4.58%, 5.37%, 6.64%, 7.60%, 9.42% гэсэн таван гравиметрийн усны түвшинг тогтоосон. Дөрөв нь прокторын тохиромжтой 8.5%-иас доогуур байв. Чийгийн түвшин бүрт дөрвөн нягтралын түвшинд хэмжилт хийсэн. Нягтруулах түвшин бүрт туршилтын дөрвөн цэг байсан бөгөөд байршил бүрт ТранТех хөрсний нягтны багаж болон нягт хэмжигч цөмийн багаж ашиглан дөрвөн заалтыг авсан. Энэ нь чийгийн түвшин тус бүрээр 64 өгөгдлийн цэг, бүх чийгийн түвшинд нийт 320 мэдээллийн цэг гаргадаг. Энэхүү туршилтыг “Том хайрцаг”-ны шинжилгээ гэж нэрлэдэг.

X1.4.1. Чийг ба нягтралын өөрчлөлт бүхий GP-GM хөрсний хяналттай нягтын судалгааны хувьд дараах хамааралтай байна:

$$\rho_w = -0.43698 * D_{GP-GM} + 185.23 \quad (X1.6)$$

X1.5. Цахилгаан соронзон эсэргүүцэл спектроскопийн хэмжилтээр тодорхойлогддог эзэлхүүний усны агууламж нь төхөөрөмжийн хэмжсэн эзэлхүүний дундаж утгыг илэрхийлнэ. Төрөл бүрийн спектрографийн эсэргүүцлийн шинж чанаруудын аналитик болон статистикийн үнэлгээнд үндэслэн R эсэргүүцлийн спектрографийн үнэлгээ нь давтамжийн хүрээнд хэмжилт болон бусад хүлээн зөвшөөрөгдсөн аргуудаар

тодорхойлсон эзэлхүүний усны агууламжийн хоорондын эмпирик хамаарлыг хамгийн сайн хангадаг.

X1.5.1. Ашигласан нэр томъёо нь чийгийн функц M нь эсэргүүцэл ба хэмжиж буй хөрсний спектрографийн функц юм.

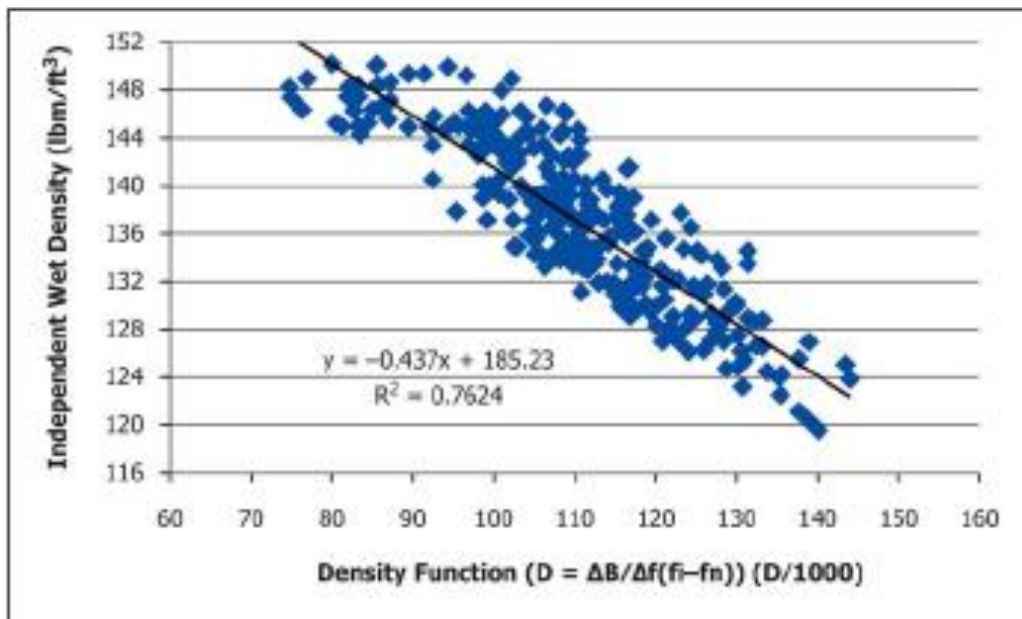
$$M_{GP-GM} = (R_{GP-GM f_2} - R_{GP-GM f_1}) / (f_2 - f_1) \quad (X1.7)$$

Энд:

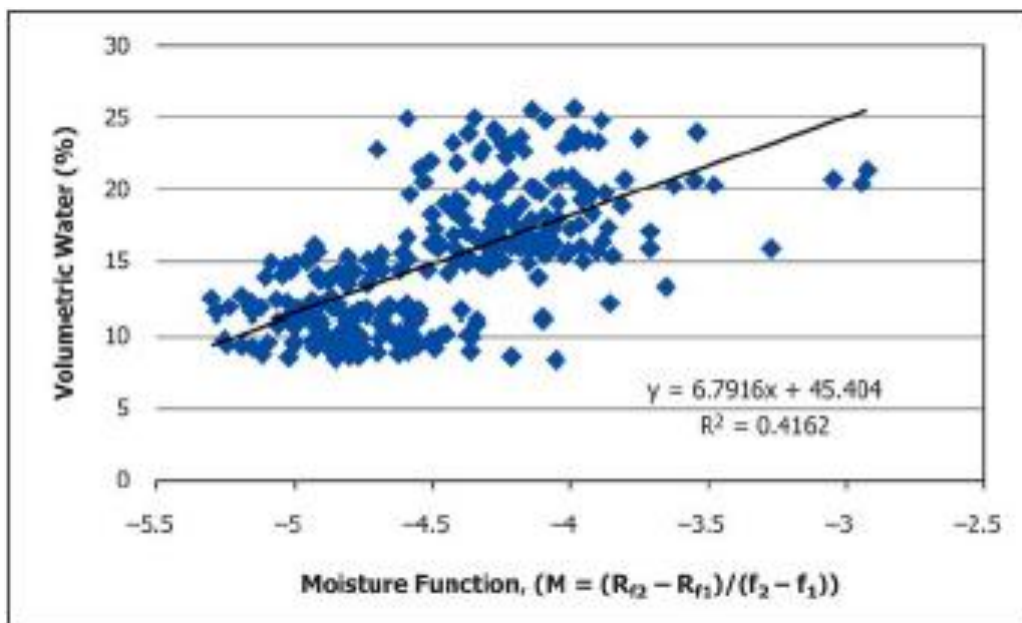
M_{GP-GM} = R_{GP-GM} налуу дээр суурилсан $GP-GM$ төрлийн хөрсний нягтын функц,

R_{GP-GM} = $GP-GM$ төрлийн хөрсөнд хэмжигдсэн эсрэг үйлчлэл,

$f_2 - f_1$ = R_{GP-GM} налуууг тодорхойлсон давтамжийн хүрээ.



Зураг X1.1 Хийгтэй үеийн нягт ба нягтралын функцын харьцуулалт



Зураг X1.2 Эзэлхүүний усны агууламж ба чийгийн функцын харьцуулалт

X1.5.2. Дараа нь уг функц (өөрөөр хэлбэл хөрсний нягт хэмжигч багажны коэффициент) нь зууханд хатаах аргаар эсвэл бусад хүлээн зөвшөөрөгдсөн хамгийн бага шугаман квадратын аргуудаар тодорхойлогддог эзэлхүүний усны агууламжтай эмпирик байдлаар хамааралтай байна:

$$w_v = m_w * M_{GP-GM} + b_w \quad (X1.8)$$

Энд:

w_v = эзэлхүүний чийг (%),

m_w = эмпирик шугаман муруйн аргаар тодорхойлсон налуу,

b_w = эмпирик шугаман муруйн аргаар тодорхойлсон оффсет.

X1.5.3. Чийг ба нягтралын өөрчлөлт бүхий GP-GM хөрсний хяналттай нягтын судалгааны хувьд дараах хамаарал байна:

$$w_v = 6.7916 * M_{GP-GM} + 45.4 \quad (X1.9)$$

X2. ХӨРСНИЙ НЯГТ ХЭМЖИГЧ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН БАГАЖНЫ НЯГТ БОЛОН ЧИЙГИЙН ҮР ДҮНГ НЯГТ ХЭМЖИГЧ ЦӨМИЙН БАГАЖНЫ ҮР ДҮНТЭЙ ХАРЬЦУУЛАХ

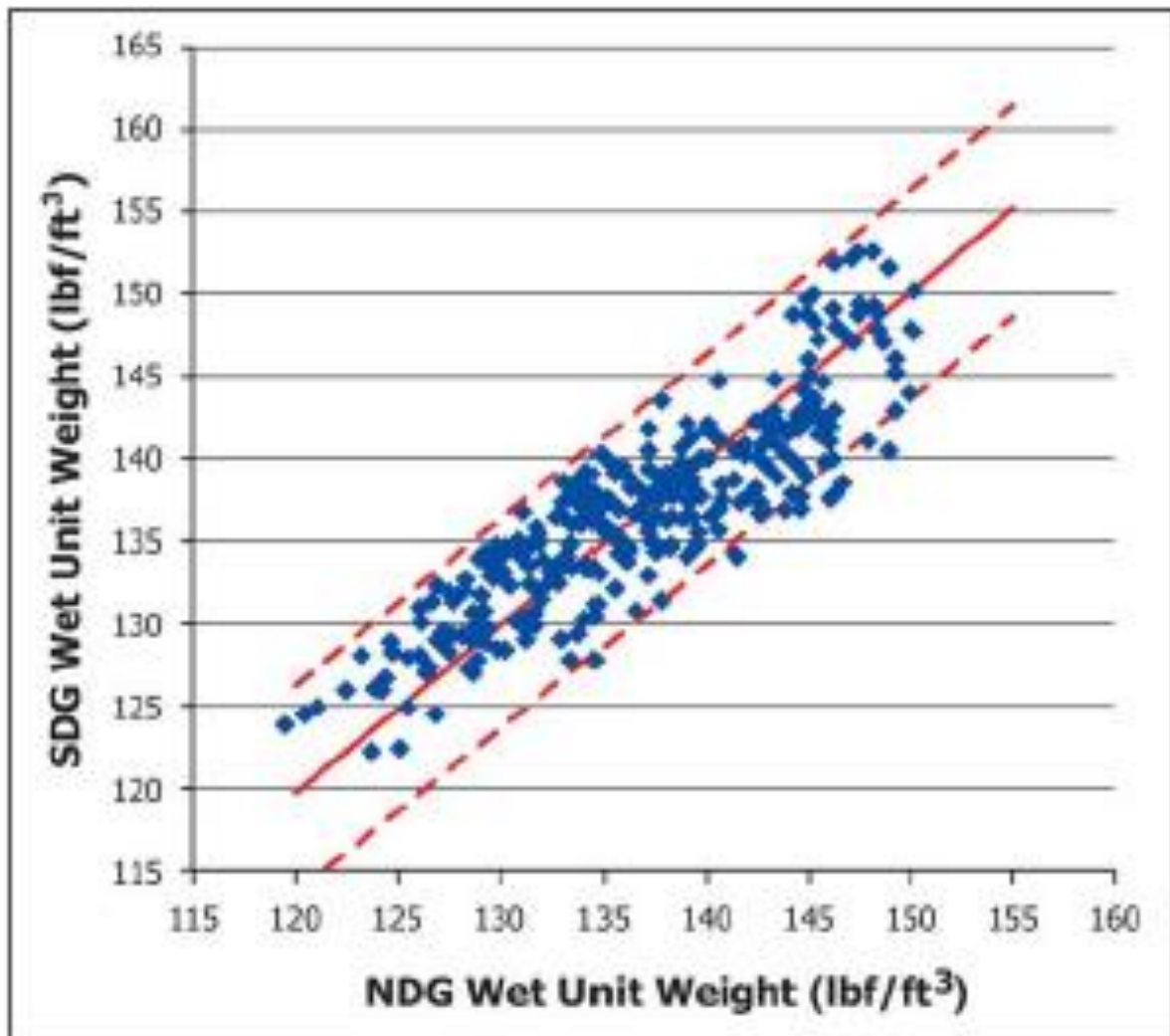
X2.1. Хяналттай лабораторийн нягтын туршилтыг GP-GM ангиллын хөрсөнд хийсэн. Проктор ба материалын ширхэглэлийн өгөгдлийг олж авсан. Хөрсийг устай хольж зууханд хатаах туршилтаар 4.58%, 5.37%, 6.64%, 7.60%, 9.42% гэсэн таван гравиметрийн усны түвшинг тогтоосон. Дөрөв нь прокторын тохиромжтой 8.5%-иас доогуур байв. Чийгийн түвшин бүрт дөрвөн нягтралын түвшинд хэмжилт хийсэн. Нягтруулах түвшин бүрт туршилтын дөрвөн цэг байсан бөгөөд байршил бүрт ТранТех хөрсний нягтны багаж болон нягт хэмжигч цөмийн багаж ашиглан дөрвөн заалтыг авсан. Энэ нь чийгийн түвшин тус бүрээр 64 өгөгдлийн цэг, бүх чийгийн түвшинд нийт 320 мэдээллийн цэг гаргадаг. Энэхүү туршилтыг “Том хайрцаг”-ны шинжилгээ гэж нэрлэдэг.

X2.2. “Том хайрцаг”-ны өгөгдлийг ашиглан чийгтэй үеийн нягт болон усны агууламжийн алгоритмыг боловсруулсан. Хөрсний хэмжигдсэн эсрэг үйлдэл болон мэдрэг чанарыг давтамжтай харьцуулах боломжтой болгодог хэмжих самбарны эквивалент хэлхээний загвар буюу электрон загвараар хөрсний нягт хэмжигч багажны давтамжийн спектрийг боловсруулсан. Хэмжсэн эсрэг үйлдлийг дээжний мэдэгдэж байгаа эзэлхүүний усанд буулгаж, хамаарлын судалгааг дуусгасан. Зууханд хатаах замаар гравиметрийн ус болон хяналтын чийгтэй үеийн нягтыг олж авсан хөрсний дээжээс хяналтын эзэлхүүний усыг тодорхойлсон. Мөн, хэмжсэн мэдрэмтгий чанарыг дээжний мэдэгдэж байгаа чийгтэй үеийн нягтанд буулгаж, хамаарлын судалгааг дуусгасан. Хяналтын чийгтэй үеийн нягтыг цөмийн багажаар тодорхойлсон. Эдгээр харилцан хамаарлыг ашиглан хоёр шугаман тэгшитгэлийг боловсруулсан бөгөөд нэг нь эзэлхүүний ус, хоёр дахь нь Хавсралт Х1-д үзүүлсний дагуу чийгтэй үеийн нягт юм. Хөрсний нягт хэмжигч багаж нь усны агууламжийг харуулдаг бол нэгж нь эзэлхүүний усыг хэмждэг.

Тайлбар X2.1. – Олон давтамж, спектрографийн арга ашиглах үед хөрсний нягт хэмжигч багажны найдвартай байдал сайжирдаг. Тиймээс, харгалзах давтамжийн хүрээн дэх эсэргүүцэл ба мэдрэмтгий чанарын налууг тооцоолж, хамаарал болон дараагийн алгоритмд ашигласан спектрографийн аргыг хэрэглэсэн.

Х2.3. Чийгтэй үеийн нягтын үр дүн

Х2.3.1. Матлаб програм ашиглан нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн нягтын хэмжилтийг ашиглан дан т-тест туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн. (нягт хэмжигч цөмийн багажны заалт тус бүр дунджаар гурван хэмжилт, ба хөрсний нягт хэмжигч багажны заалт тус бүр дунджаар тав байсан.) Туршилт нь 0.05-ын альфа-г ашиглан дундаж зөрүү нь магадлалаас хамааран тэг таамаглалыг хүлээн зөвшөөрдөг. Тиймээс, хоёр багц үр дүнгийн хооронд статистикийн хувьд мэдэгдэхүйц ялгаа байхгүй. Дан т-тестийн стандарт хазайлт нь 6.45 lbm/ft^3 байв. Зураг Х2.1. нь нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн нягт (х-тэнхлэг) болон хөрсний нягт хэмжигч багажны чийгтэй үеийн нягт (у-тэнхлэг)-ийн график юм. 1-ээс 1 хүртэлх тэгш байдлын шугамын стандарт хазайлтыг тасархай шугамаар харуулав.



Зураг Х2.1. Нягт хэмжигч цөмийн багаж болон Хөрсний нягт хэмжигч багажны чийгтэй үеийн нягтын харьцуулалт

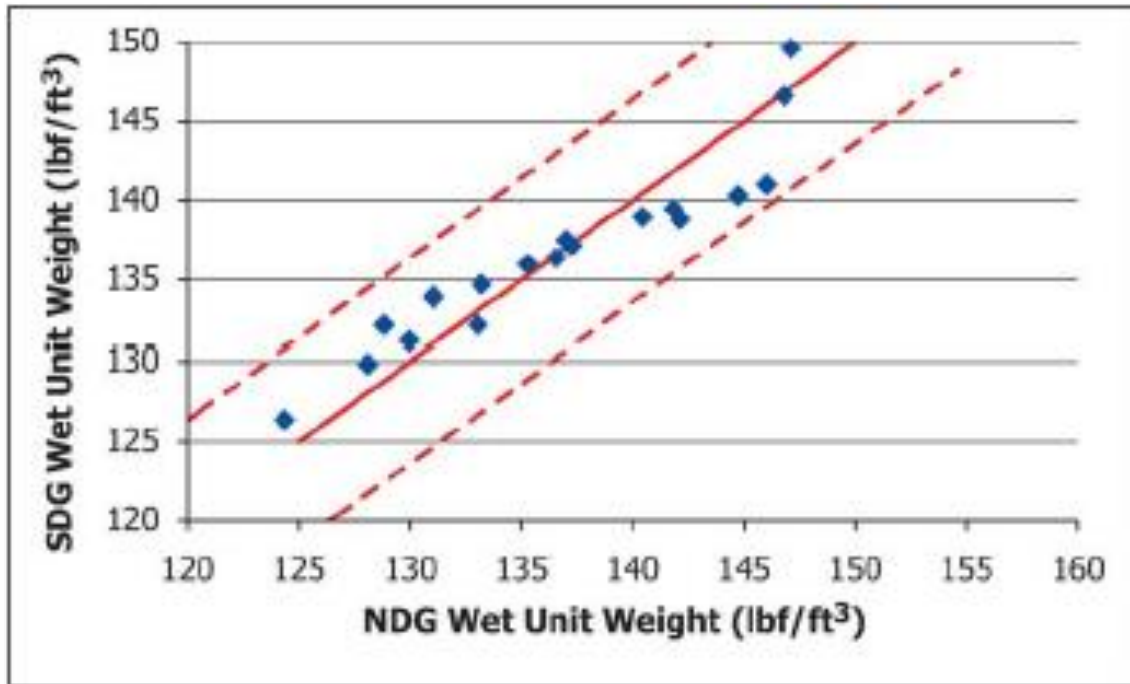
SDG Wet Unit Weight (lb/ft³) - Нягт хэмжигч цөмийн багажаар хэмжсэн чийгтэй үеийн хувийн жин

NDG Wet Unit Weight (lb/ft³) – Хөрсний нягт хэмжигч багажаар хэмжсэн чийгтэй үеийн хувийн жин

Х2.3.2. МАТЛАБ програм ашиглан хөрсний нягт хэмжигч багажны чийгтэй үеийн жин ба нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн жингийн хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны

Корреляцийн коэффициентоор 0.83 гэж тодорхойлсон тул хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.

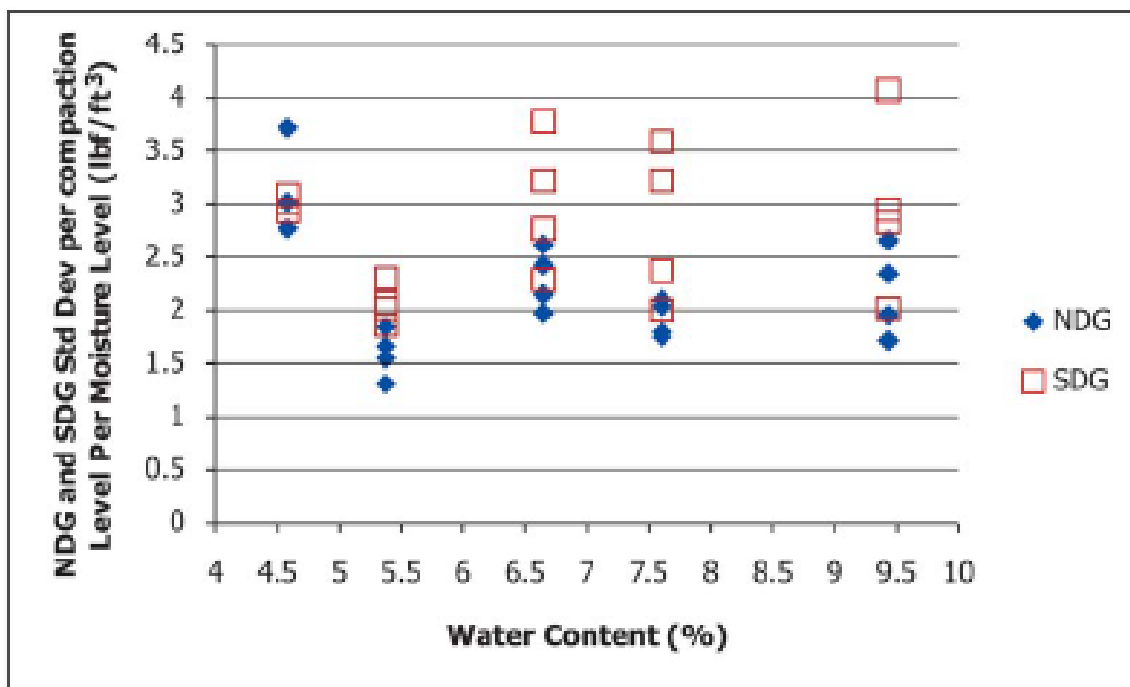
Х2.3.3. Зураг Х2.2. ба Х2.3.-д “Том Хайрцаг”-ны туршилтын таван чийгийн түвшний нягтралын дөрвөн түвшин тус бүр дээрх Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн жингийн үнэмлэхгүй утгууд болон чийгтэй үеийн жингийн заалтын стандарт хазайлтын харьцуулалтыг үзүүлэв. Чийгтэй үеийн жингийн үнэмлэхгүй утга нь нягтралын түвшин бүрт авсан 16 хэмжилтийн дундаж юм.



Зураг Х2.2. Усны агууламжийн түвшин (5) бүрийн нягтралын зэрэг (4) дэх Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажаар хэмжсэн чийгтэй үеийн хувийн жин

SDG Wet Unit Weight (lb/ft³) - Нягт хэмжигч цөмийн багажаар хэмжсэн чийгтэй үеийн хувийн жин

NDG Wet Unit Weight (lb/ft³) – Хөрсний нягт хэмжигч багажаар хэмжсэн чийгтэй үеийн хувийн жин



Зураг Х2.3. Усны агууламжийн түвшин (5) бүрийн нягтралын зэрэг (4) дэх Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажаар хэмжсэн чийгтэй үеийн хувийн жингийн стандарт хазайлт

NDG and SDG Std Dev per compaction Level Per Moisture Level (Ibf/ft³) - Чийгийн түвшингийн нягтралын зэрэг дэх дэх Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хэмжилтийн стандарт хазайлт

Water Content (%) – Усны агууламж (%)

NDG - Нягт хэмжигч цөмийн багаж

SDG - Хөрсний нягт хэмжигч багаж

Х2.4. Усны агууламжийн үр дүн

Х2.4.1. Хяналтын усны агууламж:

Х2.4.1.1. Хяналтын усны агууламжийг хөрсний дээжийг зууханд хатаах замаар гравиметрийн аргаар гаргаж авсан усны агууламжаар тодорхойлсон. Туршилтын таван өдөр тус бүрээс гравиметрийн аргаар өөр өөр усны агууламж гаргаж авахыг зорино. Олж авсан усны дундаж агууламжийг найман хөрсний дээжээр тодорхойлсон. Өдрийн туршилт эхлэхээс өмнө нягтруулах талбайгаас дөрвөн хөрсний дээж, өдрийн туршилт дууссаны дараа нягтруулах талбайгаас дөрвөн хөрсний дээж авсан. Усны дундаж агууламж ба тэдгээрийн стандарт хазайлтыг Хүснэгт Х2.1.-д харуулав.

ХҮСНЭГТ Х2.1 Дундаж усны агууламж (Хяналт) ба Стандарт Хазайлт		
Туршилтын өдөр	Дундаж усны агууламж (%)	Стандарт хазайлт (%)
1	4.58	0.21
2	5.37	0.20
3	6.64	0.22
4	7.60	0.44

5	9.42	0.86
---	------	------

Х2.4.2. Хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламжийн үр дүн:

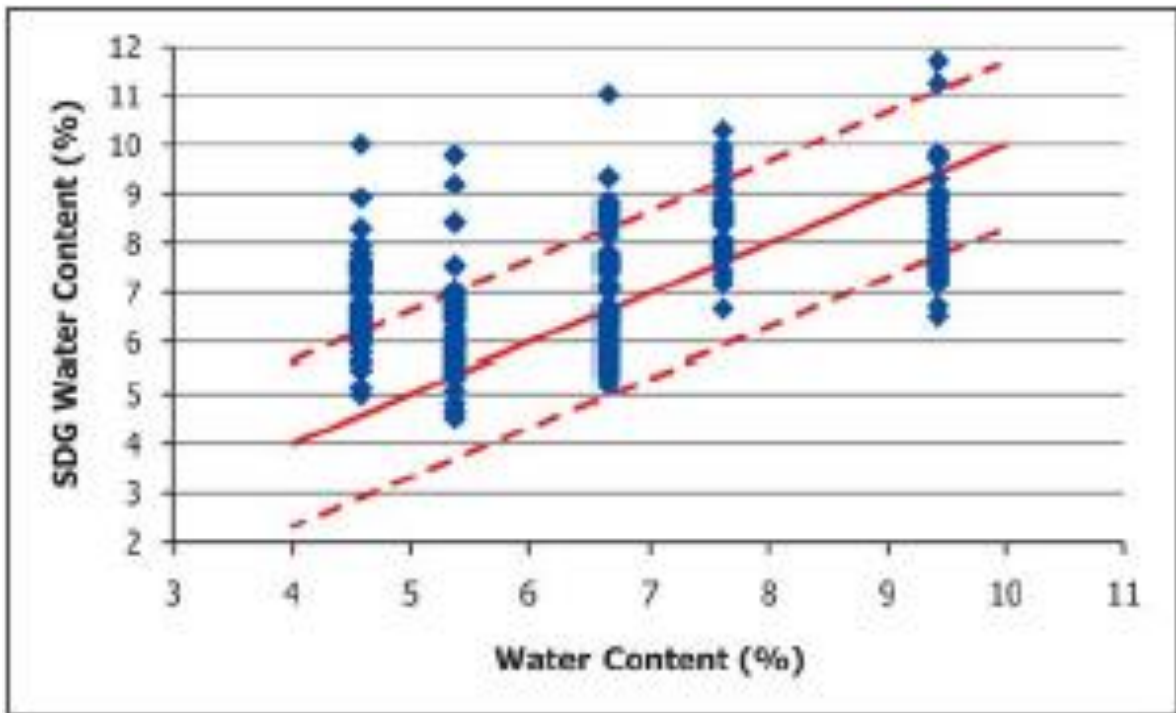
Х2.4.2.1. Хатаах зуухны үр дүн болон тооцоолсон Хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламж болох хяналтын усны агууламжийг ашиглан МАТЛАБ програмаар дан т-тест туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн. Дан т-тестийн стандарт хазайлт нь 1.67% байв. Зураг Х2.4. нь хяналтын усны агууламж (Хүснэгт Х2.1) (х-тэнхлэг) болон хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламж (у-тэнхлэг)-ийн график юм. 1-ээс 1 хүртэлх тэгш байдлын шугамын стандарт хазайлтыг тасархай шугамаар харуулав.

Х2.4.2.2. МАТЛАБ програм ашиглан Хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламж ба Хяналтын усны агууламжийн хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентоор 0.54 гэж тодорхойлсон тул хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.

Х2.4.3. Нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламжийн үр дүн:

Х2.4.3.1. Хатаах зуухны үр дүн болон хэмжсэн Нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламж болох хяналтын усны агууламжийг ашиглан МАТЛАБ програмаар дан т-тест туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн. Дан т-тестийн стандарт хазайлт нь 1.86% байв. Зураг Х2.5. нь хяналтын усны агууламж (х-тэнхлэг) болон нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламж (у-тэнхлэг)-ийн график юм. 1-ээс 1 хүртэлх тэгш байдлын шугамын стандарт хазайлтыг тасархай шугамаар харуулав.

Х2.4.3.2. МАТЛАБ програм ашиглан нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламж болон Хяналтын усны агууламжийн хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентоор 0.89 гэж тодорхойлсон тул хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.



Зураг Х2.4. Өдөр тутмын дунджаар Хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламж (%) болон Хяналтын усны агууламжийн харьцуулалт

SDG Water Content - Хөрсний нягт хэмжигч багажны Усны агууламж

Water Content (%) – Усны агууламж (%)

X2.5. Хуурай жингийн үр дүн

X2.5.1. *Хяналтын хуурай жин*

X2.5.1.1. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай үеийн нягтын харьцуулалтыг хийхдээ хоёр багажны хэмжилт болон зууханд хатааж гаргасан усны агууламжийн хэмжилт дээр үндэслэн хяналтын хуурай жинг боловсруулсан (Хүнэгт X2.1). Дээр дурдсанчлан багажны хэмжилтэд өөрчлөлт хийх зорилгоор багажны чийгтэй үеийн жингийн хэмжилтийн дундаж утгыг ашиглана. Хяналтын хуурай жинг Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жингийн аль алинтай нь харьцуулах зорилгоор ашигладаг. Хяналтын хуурай жингийн тооцоог дараах харьцаагаар тодорхойлно:

$$Control_{DD} = \frac{0.5(NDG_{WD} + SDG_{WD})}{\left(1 + \frac{OvenDry_{WC}}{100}\right)} \quad (X2.1)$$

Энд:

$Control_{DD}$ = Хяналтын хуурай нягт

NDG_{WD} = Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин

SDG_{WD} = Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин

$OvenDry_{WC}$ = Зууханд хатааж гаргасан усны агууламж

X2.5.2. *Хяналтыг Хөрсний нягт хэмжигч багажтай харьцуулах нь:*

X2.5.2.1. МАТЛАБ програм ашиглан Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин ба хяналтын хуурай жинг ашиглан, өөрөөр хэлбэл дээрх тэгшитгэлээр дан т-тестийг хийж гүйцэтгэсэн. Дан т-тестийн стандарт хазайлт нь 4.84 lbf/ft³ байв. Зураг X2.6 нь хяналтын хуурай жин (х-тэнхлэг) ба Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жингийн (у-тэнхлэг) график юм. 1-ээс 1 хүртэлх тэгш байдлын шугамын стандарт хазайлтыг тасархай шугамаар харуулав.

X2.5.2.2. МАТЛАБ програм ашиглан Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин болон Хяналтын хуурай жингийн хоорондох хамаарлыг R² Пирсоны Корреляцийн коэффициентээр 0.87 гэж тодорхойлсон тул хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.

X2.5.3. *Хяналтыг Нягт хэмжигч цөмийн багажтай харьцуулах нь:*

X2.5.3.1. МАТЛАБ програм ашиглан Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин ба хяналтын хуурай жинг ашиглан, өөрөөр хэлбэл дээрх тэгшитгэлээр дан т-тестийг хийж гүйцэтгэсэн. Дан т-тестийн стандарт хазайлт нь 4.88 lbf/ft³ байв. Зураг X2.7 нь хяналтын хуурай жин (х-тэнхлэг) ба Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жингийн (у-тэнхлэг) график юм. 1-ээс 1 хүртэлх тэгш байдлын шугамын стандарт хазайлтыг тасархай шугамаар харуулав.

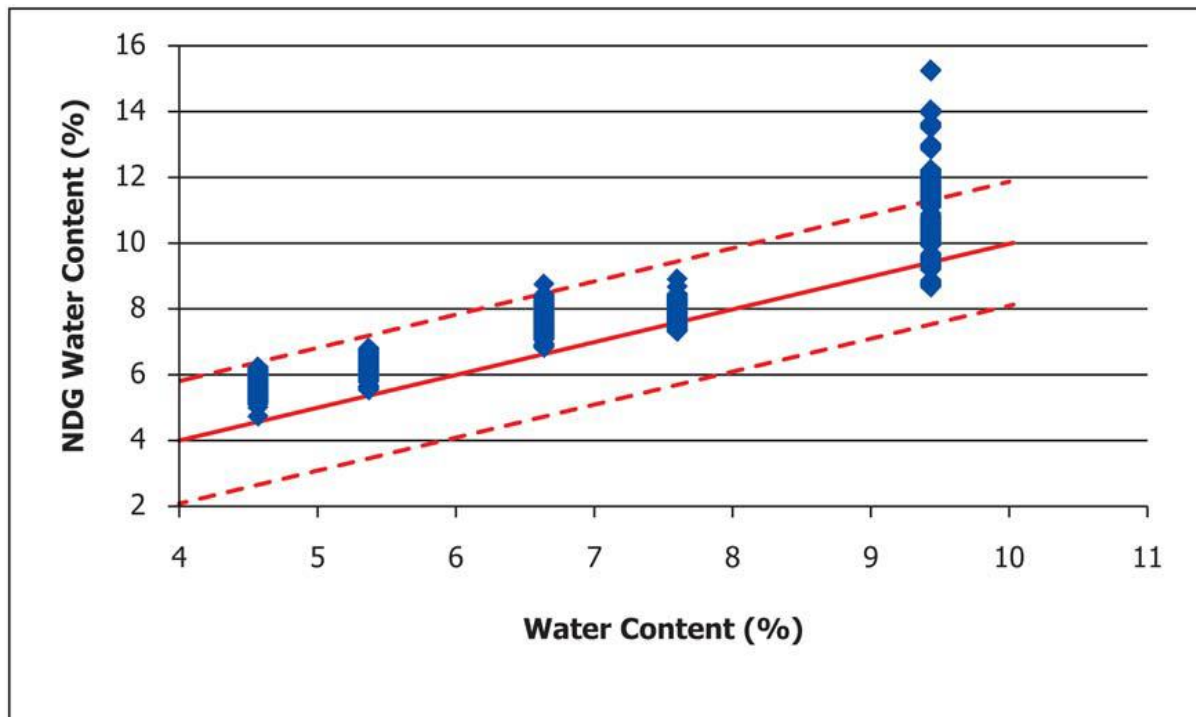
X2.5.3.2. МАТЛАБ програм ашиглан Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин болон Хяналтын хуурай жингийн хоорондох хамаарлыг R² Пирсоны Корреляцийн

коэффициентоор 0.91 гэж тодорхойлсон тул хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.

Х2.5.4. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жинг харьцуулах нь:

Х2.5.4.1. МАТЛАБ програм ашиглан Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин болон Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жинг ашиглан дан т-тест явуулав. Туршилт нь 0.05-ын альфа-г ашиглан дундаж зөрүү нь магадлалаас хамааран тэг таамаглалыг хүлээн зөвшөөрдөг. Тиймээс, хоёр багц үр дүнгийн хооронд статистикийн хувьд мэдэгдэхүйц ялгаа байхгүй. Дан т-тестийн стандарт хазайлт нь 5.12 lbm/ft^3 байв. Зураг Х2.8. нь нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин (х-тэнхлэг) болон хөрсний нягт хэмжигч багажны жин (у-тэнхлэг)-гийн график юм. 1-ээс 1 хүртэлх тэгш байдлын шугамын стандарт хазайлтыг тасархай шугамаар харуулав.

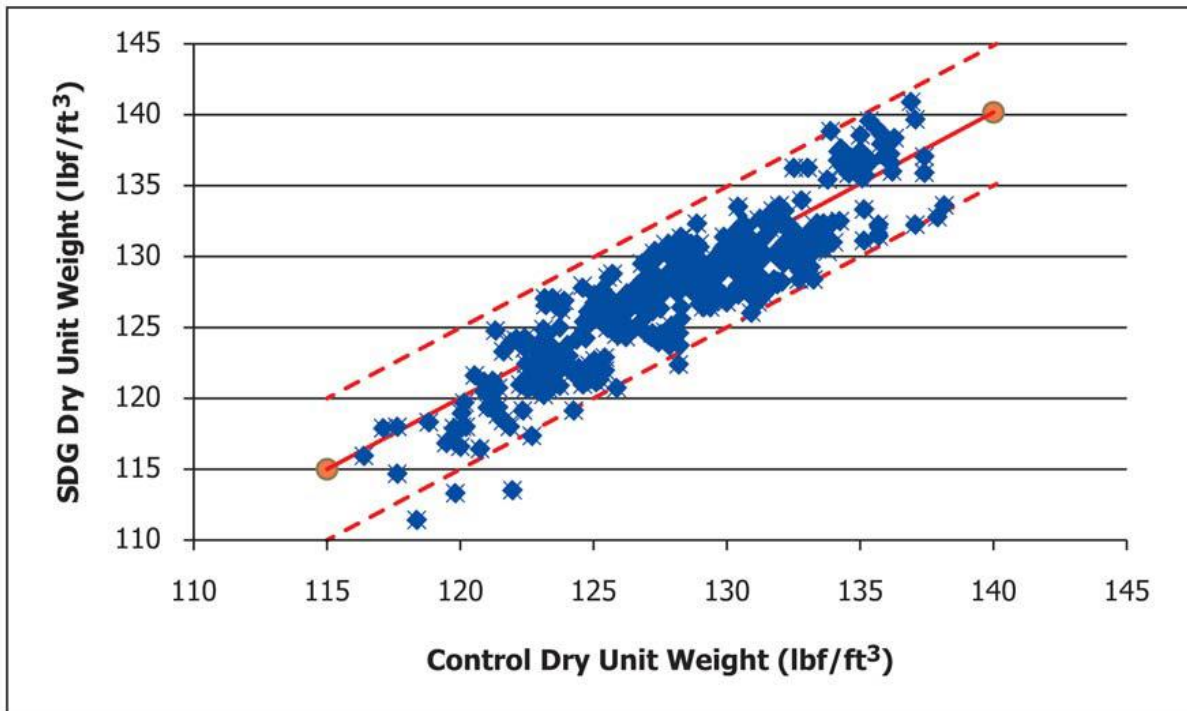
Х2.5.4.2. МАТЛАБ програм ашиглан Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жингийн хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентоор 0.69 гэж тодорхойлсон тул хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.



Зураг Х2.5. Өдөр тутмын дунджаар Нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламж (%) болон Хяналтын усны агууламжийн харьцуулалт

Water Content (%) – Усны агууламж (%)

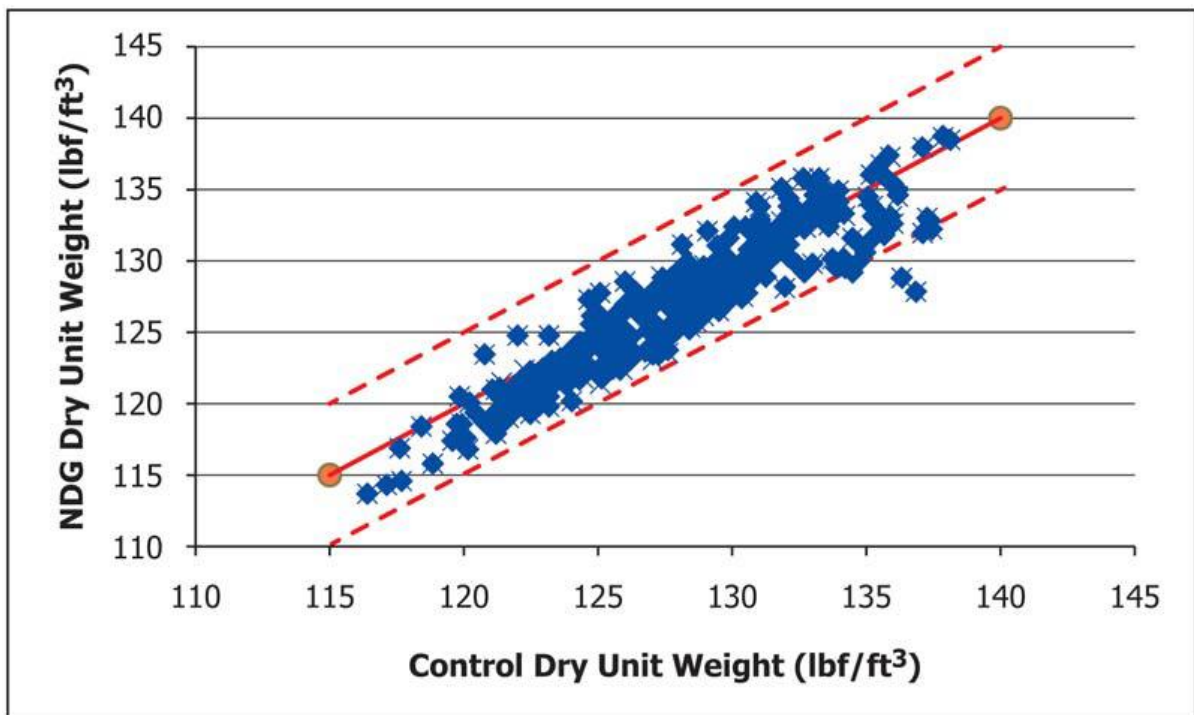
NDG Water Content (%) - Нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламж



Зураг Х2.6. Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин болон Хяналтын хуурай жингийн харьцуулалт

SDG Dry Unit Weight (lbf/ft³) - Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин

Control Dry Unit Weight (lbf/ft³) – Хяналтын хуурай жин



Зураг Х2.7. Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин болон Хяналтын хуурай жингийн харьцуулалт

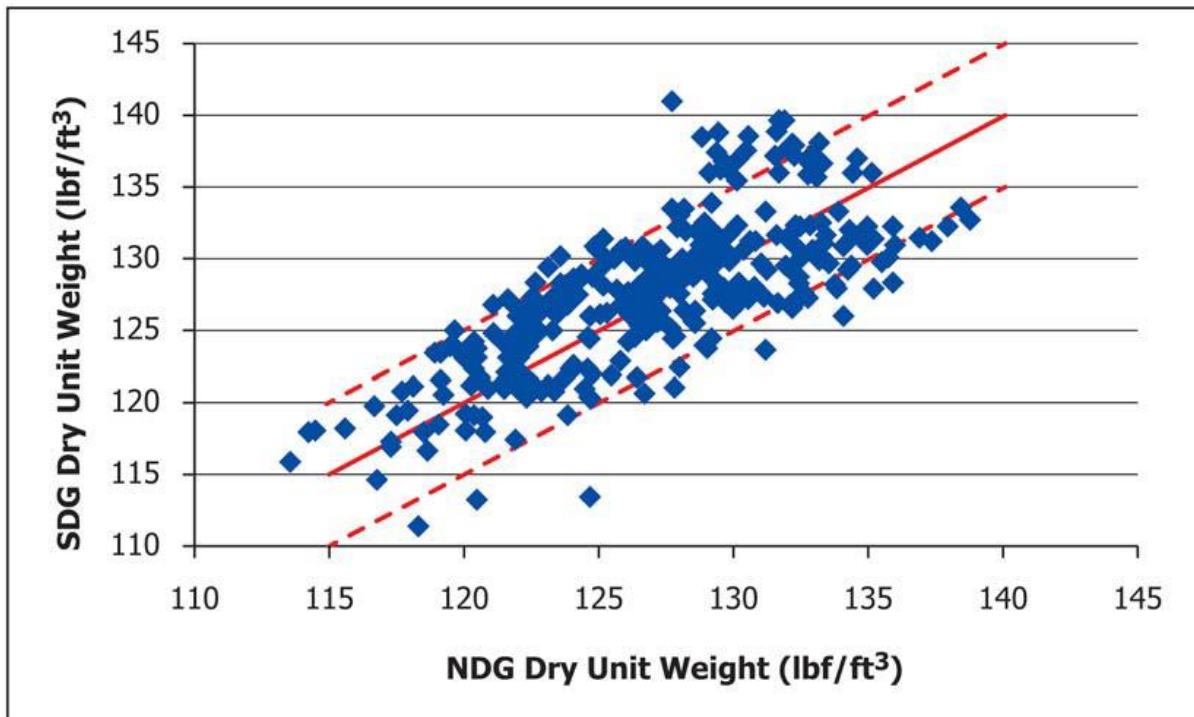
NDG Dry Unit Weight (lbf/ft³) - Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин

Control Dry Unit Weight (lbf/ft³) – Хяналтын хуурай жин

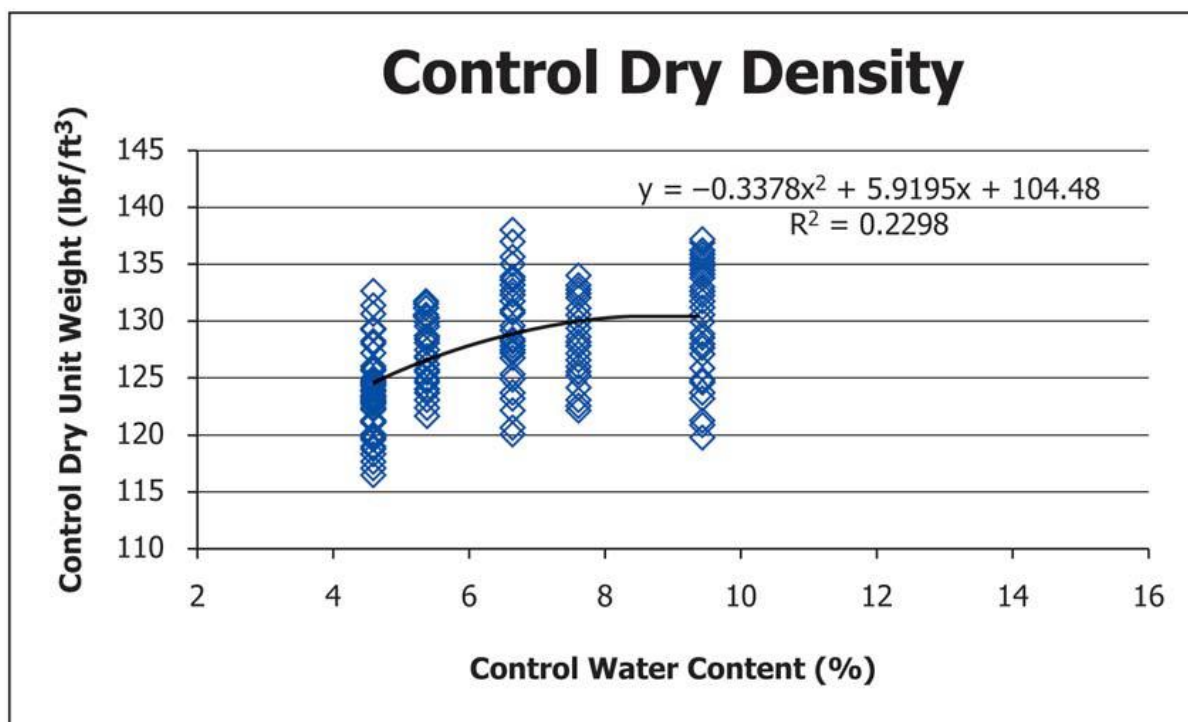
Х2.6. Хуурай жин болон Усны агууламжийн харьцуулалт

Х2.6.1. Хяналт, Нягт хэмжигч цөмийн багаж болон Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жинг усны агууламжтай харьцуулсныг Зураг Х2.9-Х2.11-т үзүүлэв. Хяналтын хуурай жинг (у-тэнхлэг) Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн нягт болон хяналтын усны агууламжийн дундажийг ашиглан тооцоолсон (Хүснэгт Х2.1). Хуурай жинг усны агууламжтай харьцуулсан хоёр дахь эрэмбийн R2 утгууд нь хяналтын хувьд 0.22, Нягт хэмжигч цөмийн багажны хувьд 0.24 ба Хөрсний нягт хэмжигч багажны хувьд 0.04 байна. Энэ нь статистикийн хувьд их хамаарал байхгүй гэдгийг харуулж байна.

Х2.6.2. Проктор шинжилгээний үр дүн: хамгийн их хуурай жин = 137.27 lbf/ft³, тохиромжтой усны агууламж = 8.5 %.



Зураг Х2.8. Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жинг Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жинтэй харьцуулах нь



Зураг Х2.9. Хяналтын хуурай жинг Хяналтын чийгтэй харьцуулах нь (Хүснэгт Х2.1)

Х2.6.3. Өгөгдлийн багц бүрийн гурван муруйн тохируулгыг ашиглаж тохируулгын дээд цэгүүдийг ойролцоогоор тооцвол:

Хяналт: хамгийн их хуурай жин = 130.41 lbf/ft³, тохиромжтой усны агууламж = 8.8%

Нягт хэмжигч цөмийн багаж: хамгийн их хуурай жин = 130.48 lbf/ft³, тохиромжтой усны агууламж = 10.9%

Хөрсний нягт хэмжигч багаж: хамгийн их хуурай жин = 128.14 lbf/ft³, тохиромжтой усны агууламж = 8.0%

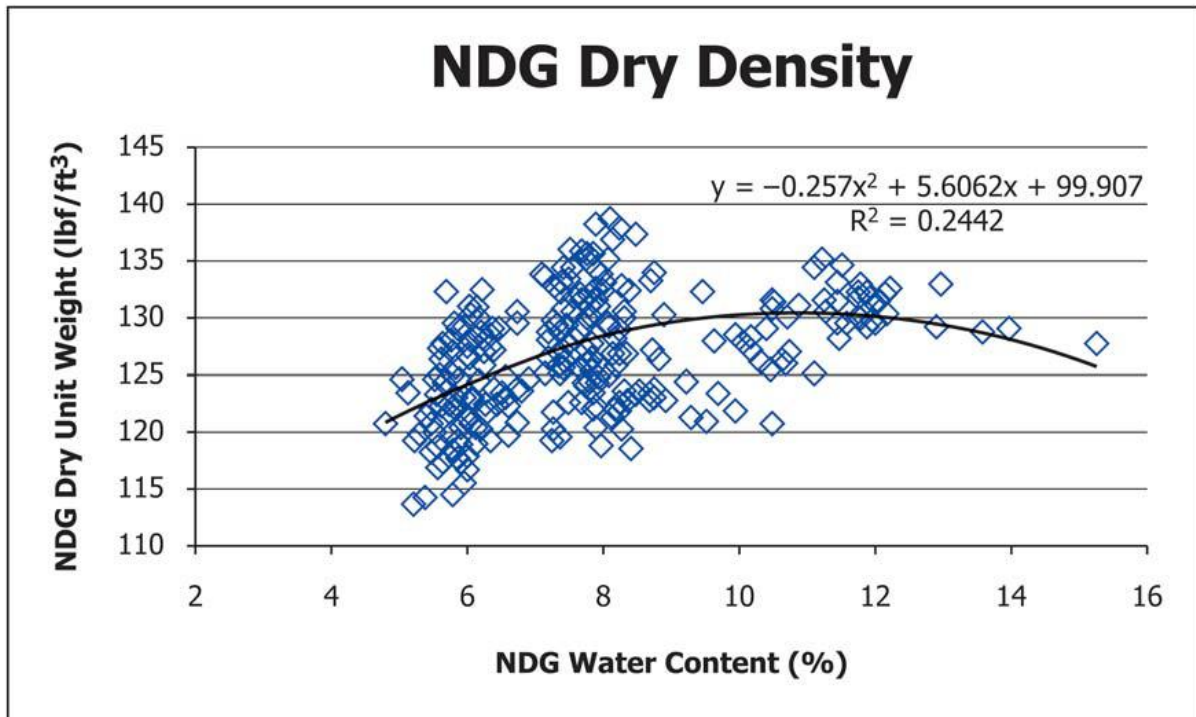
Х2.6.4 Ашигласан цахилгаан гар нягтруулагч нь хангалттай нягтруулах чадваргүй байсан тулд хяналт, нягт хэмжигч цөмийн багаж болон хөрсний нягт хэмжигч багаж бүгдийнх нь хамгийн их хуурай нягт нь прокторын туршилтын хамгийн их хуурай жингээс бага байна. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жингийн дан т-тестийн харьцуулалтад үндэслэн хөрсний нягт хэмжигч багаж болон нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жингийн стандарт хазайлтыг 5.12 lbf/ft³ гэж тооцоолсон. Энэхүү стандарт хазайлтыг дээрх хамгийн их хуурай нягтад хэрэглэхэд хөрсний нягт хэмжигч багаж (128.14 lbf/ft³) болон нягт хэмжигч цөмийн багаж (130.41 lbf/ft³) нь статистикийн хувьд ижил байна.

Х2.7 Дүгнэлт

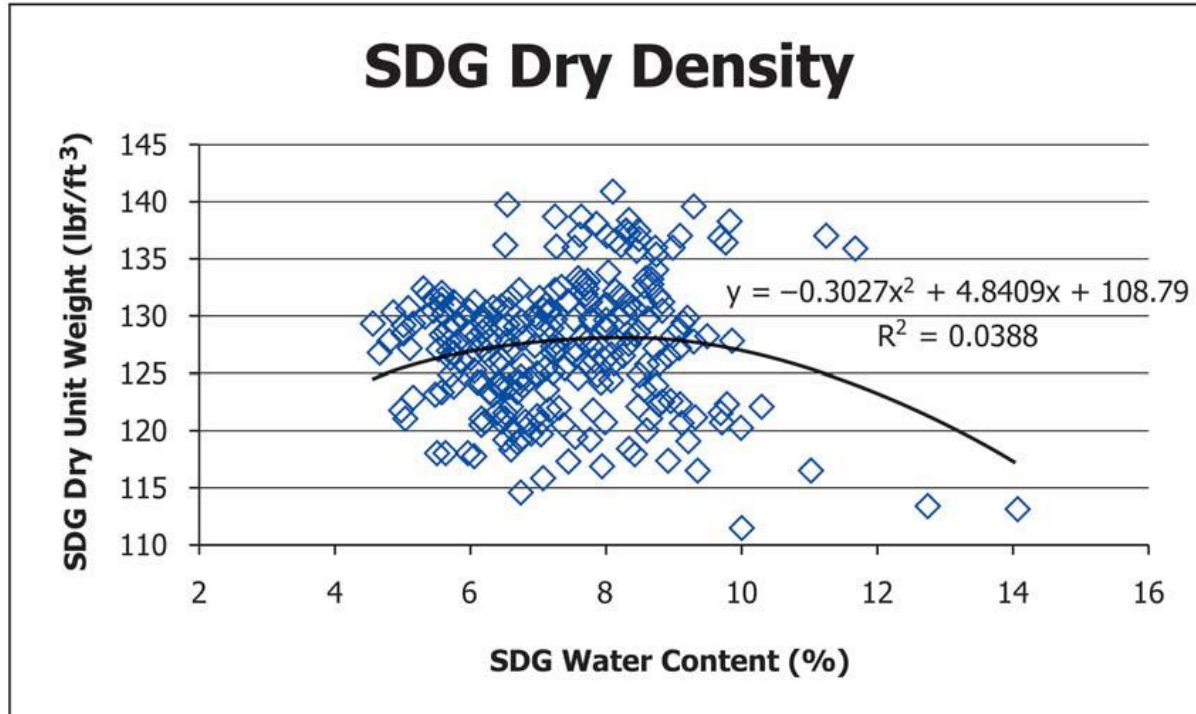
Х2.7.1 Хөрсний нягт хэмжигч багажийг стандарттай харьцуулах нь:

Х2.7.1.1 Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн хувийн жинг дан т-тестээр шалгахад үр дүнгийн хувьд 0.05-ын альфа-г ашиглан дундаж зөрүү нь магадлалаас хамааран тэг таамаглалд байв. Тиймээс, Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон нягт хэмжигч цөмийн багажны чийгтэй үеийн хувийн жингийн үр дүнгүүдийн хооронд статистикийн хувьд мэдэгдэхүйц ялгаа байхгүй байна. Хоёр багажны хоорондох

хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентоор 0.83 гэж тодорхойлсон. Тиймээс, хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.



Зураг Х2.10. Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай жин болон чийгийн харьцуулалт



Зураг Х2.11. Хөрсний нягт хэмжигч багажны хуурай жин болон чийгийн харьцуулалт

X2.7.1.2. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон хатаах зуухны хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентээр 0.54 гэж тодорхойлсон. Тиймээс, хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна. Хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламжийн тооцооллын үнэн зөв байдлыг сайжруулах нэмэлт ажил шаардлагатай.

X2.7.1.3. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон болон хяналтын хуурай хувийн жин хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентээр 0.87 гэж тодорхойлсон. Тиймээс, хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.

X2.7.1.4. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай хувийн жинг дан т-тестээр шалгахад үр дүнгийн хувьд 0.05-ын альфа-г ашиглан дундаж зөрүү нь магадлалаас хамааран тэг таамаглалд байв. Тиймээс, Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны хуурай хувийн жингийн үр дүнгүүдийн зөрүүнд статистикийн хувьд мэдэгдэхүйц ялгаа байхгүй байна. Хоёр багажны хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентээр 0.69 гэж тодорхойлсон. Тиймээс, хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна.

X2.7.2. *Нягт хэмжигч цөмийн багажийг стандарттай харьцуулах нь:*

X2.7.2.1. Нягт хэмжигч цөмийн багаж болон хатаах зуухны усны агууламжын хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентээр 0.89 гэж тодорхойлсон. Тиймээс, хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна. Нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламжийн алдаа нь оффсет байдалтай байгаа нь дан т-тестийн үр дүнд хоёр хэмжилт (Нягт хэмжигч цөмийн багаж болон хатаах зуух) ижил биш боловч хамаарлын үр дүн өндөр байна гэж тайлбарлаж болох юм.

X2.7.2.2. Нягт хэмжигч цөмийн багаж болон хяналтын хуурай хувийн жингийн хоорондох хамаарлыг R^2 Пирсоны Корреляцийн коэффициентээр 0.91 гэж тодорхойлсон. Тиймээс, хамаарал нь статистикийн хувьд ялгаатай байна. Усны агууламж багатай хуурай хувийн жингийн тооцоонд голлох хүчин зүйл нь чийгтэй үеийн жин байдаг тул хамаарлын хувьд их байдаг.

X2.7.3 *Ерөнхий:*

X2.7.3.1 Олж авсан өгөгдлийг товч тайлбарлая гэвэл Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажны аль алиных нь туршилт хийсэн газрын шинжилгээний үр дүнгүүдийн дундаж утгыг стандарт хазайлтын дундажтай харьцуулж болох юм. Хөрсний нягт хэмжигч багажны чийгтэй үеийн жингийн дундаж утга нь 2.74 lbf/ft³ стандарт хазайлттай 136.48 lbf/ft³ байв. Нягт хэмжигч цөмийн багажны хувьд чийгтэй үеийн жингийн дундаж утга нь 2.00 lbf/ft³ стандарт хазайлттай 136.42 lbf/ft³ байв. Хөрсний нягт хэмжигч багажны усны агууламжийн дундаж утга нь 1.02%-ийн стандарт хазайлттай 7.3% ба Нягт хэмжигч цөмийн багажны усны агууламжийн дундаж утга нь 0.52%-ийн стандарт хазайлттай 7.7% байв. Хатаах зуухны үр дүн нь 0.4%-ийн стандарт хазайлттай 6.7%-ийн усны агууламжийн дундаж утгатай байна. Стандарт хазайлтыг хүлцэх алдаа эсвэл тодорхой бус байдал гэж нэрлэж болно. Иймд, Хөрсний нягт хэмжигч багажнаас авсан чийгтэй үеийн хувийн жингийн үр дүн дунджаар 2.0%-ийн нарийвчлалтай байгаа бол Нягт хэмжигч цөмийн багажны үр дүн 1.5%-ийн хүлцэх алдаатай байна гэж тайлбарлаж болно. Дундаж стандарт хазайлтыг чийгтэй үеийн хувийн жингийн дундаж үр дүнд хуваах замаар тодорхой бус байдлын хувийг тооцоолсон.

Дан т-тестээр турших үед хоёулаа маш ойр байгаа нь тодорхой харагдсан. Усны агууламжийн харьцуулалтыг тодорхой бус байдлын хувьд хийх нь зохисгүй боловч

хэмжээнийх нь дарааллаар харьцуулалт хийх нь хялбар байдаг. Хөрсний нягт хэмжигч багаж болон Нягт хэмжигч цөмийн багажнаас олж авсан усны агууламжийн үр дүнг 5.3 орчим хувийн хүлцэх алдаатай хатаах зуухны үр дүнгийн дундаж утгатай харьцуулахад нарийвчлал нь тус бүр 14.2% ба 6.1%-ийн хооронд байна. Гэсэн хэдий ч усны агууламжийн төхөөрөмжийг хатаах зуухны туршилттай харьцуулж нарийвчлалыг гаргах хэрэгтэй. Энэ тохиолдолд (тодорхой бус байдлын хувьд ижиг аргачлалыг ашиглан) Хөрсний нягт хэмжигч багажны үр дүн нь хатаах зуухны үр дүнгийн 17.6%-д, харин Нягт хэмжигч цөмийн багажны үр дүн нь хатаах зуухны үр дүнгийн 15.2%-ийн дотор байна. Энэ нь бодит усны агууламжийн үнэлгээний хувьд эдгээр нь бараг ижил үзүүлэлттэй байгааг харуулж байна.

ЛАВЛАГАА

- (1) Barker, R., “Коллинеар тэгш хэмт дөрвөн электродын массивыг гүн судлах нь,” *Геофизик*, Боть 54, № 8, 1989, хуудас 1031–1037.
- (2) Рой, А., ба Аппарао, А., “Шууд гүйдлийн аргуудын гүн судалгаа,” *Геофизик*, Боть 36, № 5, 1971, хуудас 943–959.
- (3) Шлюмбергер, С., Шлюмбергер, М., “Цахилгаан хайгуулын боломжит аргуудыг гүн судлах нь” *AIME Транс. Геофизик. Prosp.*, Боть 97, 1932, хуудас 127–133.
- (4) Дрневич, В. П., Сиддикю, С. И., Ловелл, Ж., болон Ей, Кью., “Purdue TDR аргаар хөрсний усны агууламж ба нягтыг газар дээр нь тогтоох,” Нортвест Их сургуулийн олон улсын бага хурал, TDR2001 ажиллагаа, Эванстон, Иллинойс, есдүгээр сарын 5-7, 2001.
- (5) Андерсон, Д. М., Эхни, В. Ж., “Сүвэрхэг материалын талбайн нягтыг тодорхойлох цахилгаан геофизикийн арга төхөөрөмж,” АНУ-ын патент 5,861,751, 1999.

ASTM Интернэйшнл нь энэхүү стандартад дурдсан аливаа зүйлтэй холбоотой патентын эрхийн хүчинтэй байдлын талаар ямар ч байр суурь илэрхийлэхгүй. Иймэрхүү патентын эрхийн хүчинтэй эсэх, эдгээр эрхийг зөрчих эрсдэл зэргийг тодорхойлох нь тэр чигээрээ энэхүү стандартын хэрэглэгчдийн өөрсдийнх нь харууллага гэдгийг онцгойлон дурдаж байна.

Хариуцсан техникийн хороо нь энэхүү стандартыг ямар ч үед эсвэл таван жил тутамд дахин шалгаж шинэчлэх ёстой бөгөөд хэрэв өөрчлөгдөөгүй бол дахин батлах эсвэл хүчингүй болгох шаардлагатай. Энэхүү стандартыг шинэчлэх эсвэл нэмэлт стандартад оруулах санал танд байгаа бол ASTM Олон улсын байгууллагын төв оффист мэдэгдэхийг хүсэж байна. Таны санал хүсэлтийг Техникийн Зөвлөлийн хурлаар нягтлан авч үзэх бөгөөд уг хуралд таныг оролцуулж болно. Хэрэв таны санал шүүмжлэлийг зохих ёсоор хүлээж аваагүй гэж үзвэл доорх хаягаар ASTM-ын Стандартын хороонд санал бодлоо илэрхийлнэ үү. Энэхүү стандартын зохиогчийн эрх Америкийн Нэгдсэн Улс, Вест-Коншохокен, PA 19428-2959, 100 Barr Harbor Drive, шуудангийн хайрцаг C700, ASTM International-аар хамгаалагдсан болно. Энэхүү стандартыг хувиараа хэвлэх бол (нэг эсвэл олон хувь) дээрх хаяг эсвэл 610-832-9585 (утасны дугаар), 610-832-9555 (факс), эсвэл service@astm.org (мэйл); эсвэл ASTM вэб хуудас (www.astm.org)-аар холбогдоно уу. Энэхүү стандартыг хуулбарлах зөвшөөрлийн эрх нь Зохиогчийн эрх олгох төвөөр (222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Утас: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>) хамгаалагдсан байж болно.