

Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгуудын Релейн долгионы дисперсийн анализ

Б.Жавзандолгор^{1*}, Жу Бон Гон²

¹ МУИС, ШУС, БУС, Геологи, Геофизикийн тэнхим

² Chonbuk National University, Department of Earth and Environmental Sciences

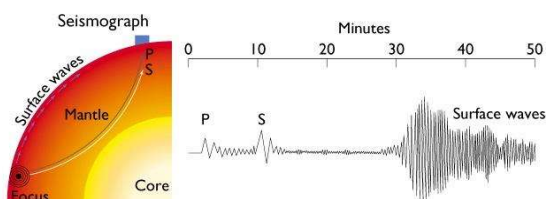
Энэхүү өгүүллээр Солонгосын хойг болон түүний ойр орчмын газар нутгууд болох Шар тэнгис, Япон тэнгисийн царцдас болон маантийн дээд хэсгийн хөндлөн долгионы хурдны 3 хэмжээст загварыг Релейн долгионы үндсэн давтамжийн дисперсийн анализаар тодорхойлох зорилго бүхий судалгааны ажлын анхдагч боловсруулалтын хэсгийг авч үзсэн болно. Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгуудын Релейн долгионы үндсэн давтамжийн группын хурдыг 5-180 сек үеийн утгуудадгаргаж авсан.

PACS numbers: 91.30. Jk, 91.30. Pх, 91.35.-х

ОРШИЛ

Телесейсмик болон региональ зайд тархаж буй гадаргуугийн долгионы өгөгдлийн анализ нь газар хөдлөлийн үүсгүүрийн параметрууд, дэлхийн дотоод бүтцийн талаарх мэдээллийг глобал болон региональ түвшинд гаргаж өгдөг. Ялангуяа телесейсмик зайд бүртгэгдэж байгаа гадаргуугийн долгионууд нь үүсгүүр болон станц хоёрын хоорондох зам дагуух дэлхийн гүний бүтэц болон газар хөдлөлийн үүсгүүрийг тодорхойлох үзүүлэлтүүдийн талаарх мэдээллийг агуулж байдаг [1].

Сейсмограм дээр бүртгэгдэж байгаа хамгийн өндөр далайц бүхий багц долгионуудыг гадаргуугийн долгион гэх бөгөөд хамгийн сүйтгэгч чанартай долгион байдаг (Зураг 1).



Зураг 1. Газар хөдлөлийн долгион сейсмограмд бичигдэх байдал.

Харьцангуй урт үе бүхий эдгээр долгионууд нь маанти болон царцдасын үе давхрагуудын геометр болон физикийн үзүүлэлтүүдийн тодорхойлолтод чухал үүрэг гүйцэтгэдэг ба газар хөдлөлөөс үүсч буй сейсмийн долгионоор зөөгдөж буй энергийн ихэнхийг дамжуулдаг бөгөөд дэлхийн царцдас болон маантийн уян харимхай болон уян харимхай бус шинж

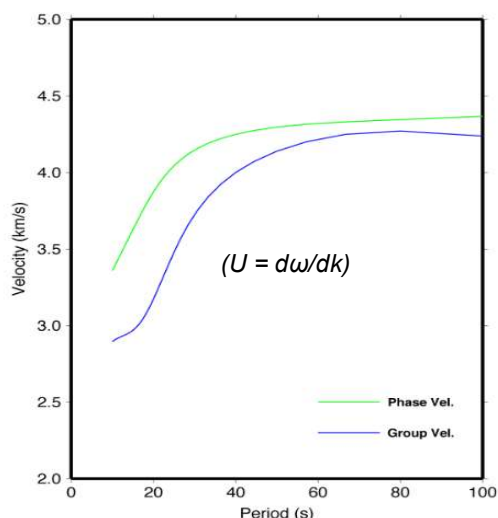
чанарын талаарх гол мэдээллүүдийг агуулж байдаг.

Релейн ба Лява долгион гэсэн 2 төрлийн гадаргуугийн долгион дэлхийн гадаргуу орчмоор тархдаг. Релейн долгион нь P болон SV долгионуудын хослол байдаг бөгөөд тархалтын хавтгайд перпендикуляр чиглэлд туйлширч P болон SV долгионуудын фазын шилжилтийн улмаас гадаргуу дээрх эгэл хэсгийн хөдөлгөөнийг эллипс болон ухрах хөдөлгөөнд оруулж байдаг. Гадаргуугийн долгионы нэг чухал онцлог чанар бол хэвтээ чиглэлд тархах хурд нь давтамжаас хамаарах буюу дисперсийн үзэгдлийг бий болгодог оршино. Гадаргуугийн долгионы тархалтын хурд нь үе T эсвэл давтамж ω -аас хамаарсан дисперсийн муруйгаар илэрхийлэгддэг. Энэ тохиолдолд тархалтын хурд нь группын хурд U-аар тодорхойлогдоно. Гадаргуугийн долгион мөн фазын хурдаар тархдаг. Бидний судалгааны хувьд группын хурд илүү ач холбогдолтой юм. Группын хурд нь үеэс хамаарч буурч эсвэл өсч болдог байхад фазын хурд нь монотон байдлаар өсдөг (Зураг 2) [1].

СУДАЛГААНЫ ТАЛБAYН ТЕКТОНИК БҮТЭЦ

Солонгосын хойгийн тектоник бүтцийн талаар ярихад зэргэлдээ орших Хятад, Японы тектоник бүтэцтэй хамтатган том талбайн хэмжээнд авч үзэх хэрэгтэй болдог. Хойгийг бүрдүүлж байгаа тектоник блокууд хэзээ, хэрхэн хэлбэржиж өнөөгийн байрлалд хүрч ирсэн бэ? гэдэг асуудал удаан хугацааны туршид байсаар байна.

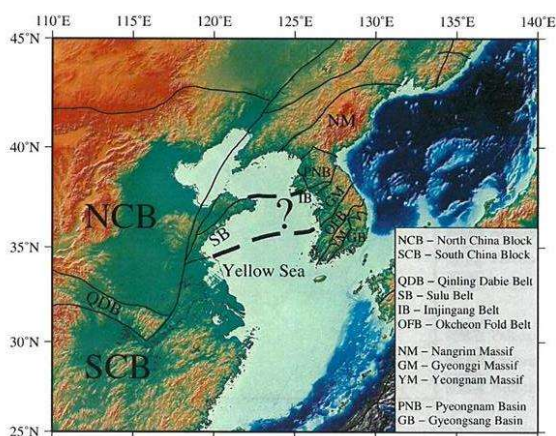
* Electronic address: javzandolgor@num.edu.mn



Зураг 2. Фазын хурд болон группын хурд.

Сүүлийн жилүүдэд зарим судлаачид Имгинганг бүслүүр болон Окчон атираат бүслүүр нь Хойд Хятадын блок болон Өмнөд Хятадын блокийн хоорондын мөргөлдөөний үед үүссэн бүслүүр байж болох юм гэсэн таамаглалыг зарим геологийн болон петрографийн баримт дээр үндэслэн гаргасан байна [2].

Хойг Нангрим, Кёнги, Ённам гэсэн Кембрийн өмнөх настай гурван гол массиваас тогтоно. Нангрим болон Кёнги массивууд нь Имганганг бүслүүрээр тусгаарлагдсан нарийхан тектоникийн заадас бөгөөд Хожуу Перм-Эрт Триасийн үед өндөр зэрэглэлийн метаморф үйл явцын үед үүссэн. Кёнги болон Ённам массивууд нь Окчон бүслүүрээр тусгаарлагдана (Зураг 3).



Зураг 3. Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгийн тектоник бүтэц (Chough et al., 2000).

Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгуудын царцдас болон маангийн дээд үе давхрагын хөндлөн долгионы бүтцийг релейн

долгионы дисперсээр тодорхойлох судалгааг тэсэлгээ буюу зохиомол чичирхийллээр үүсэх 0.2-1.2 секунд богино үетэй долгион болон 5-180 секунд урт үетэй холын хөдлөлийн буюу телесейсмик хөдлөлийн долгионуудыг ашиглан хийж маш бага гүний, дунд зэрэг гүний, их гүний царцдас давхрага болон дээд маантид тархах хөндлөн долгионы хурдны бүтцийг гарган авсан байдаг [3,4].

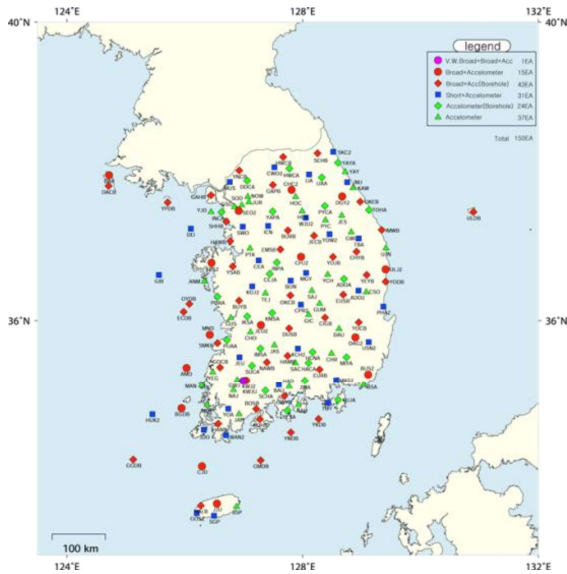
ӨГӨГДӨЛ БОЛОН ТҮҮНИЙ БОЛОВСРУУЛАЛТ

Зөвхөн өргөн зурвасын дунд үетэй 20 тоо/сек -д тасралтгүй бичигдсэн өгөгдлүүдийг энэ судалгааны ажилд сонгосон. Хүснэгт 1-д судалгаанд ашиглагдсан хөдлөлийн ерөнхий мэдээллүүдийг үзүүлээ. Хөдлөлийг сонгохдоо гипоцентрийн гүн нь 100 км-ээс бага байх ёстой гэсэн шаардлагыг тавьсан. Учир нь телесейсмик хөдлөлийн хувьд гипоцентрийн гүн их байвал гадаргуугийн долгионоор зөөгдөж байгаа энерги станц дээр суларч ирдэг.

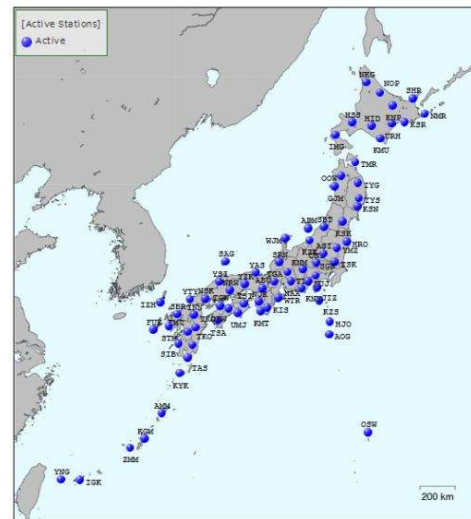
Хүснэгт 1. Хөдлөлийн ерөнхий мэдээллүүд

Хөдлөлийн тоо	220
Хөдлөлийн хугацааны интервал	[1996.01.01 - 2011.10.01]
Хөдлөлийн магнитуд	6 болон түүнээс дээш
Гипоцентрийн гүн	100км болон түүнээс бага (Нийт хөдлөлийн 50-иас илүү хувь нь 50км-ээс бага)
Хөдлөлийн эпицентруудийн байршил	Японы арлууд, Тайвань, Шичуань, Сахалиний арал, Оросын зүүн өмнөд эрэг гэх мэт
Судалгааны талбайн байршил	Өргөрөг = 25°-50° Уртраг 115°-145°

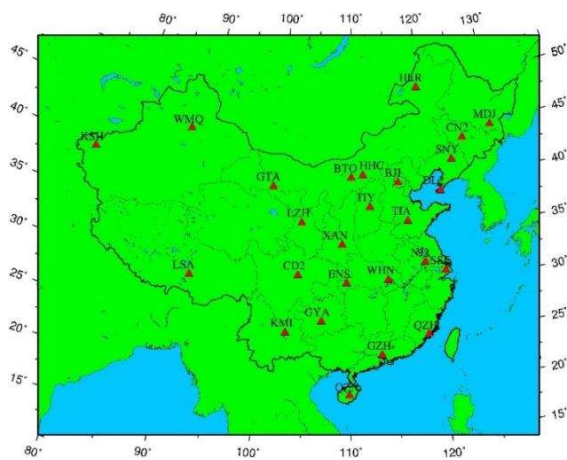
Өргөн зурвасын станцууд дээр бүртгэгдсэн өгөгдлийг Солонгосын дотоодын станцуудын хувьд КМА-18 станц (Зураг 4), Хятадын олон улсын сүлжээ станцуудын хувьд IRIS-IC-NCD-17 станц (Зураг 5), Японы улсын буюу дотоодын станцуудын хувьд F-net-85 станц (Зураг 6) зэрэг эх сурвалжуудаас цуглуулав. Хөдлөлийг сонгохдоо 6 болон түүнээс дээш магнитудтай, аль болох судалгааны талбайд ойр байх хөдлөлүүдийг сонгож группын хурдны тооцооллыг хийлээ. Нийт 220 хөдлөлийн 80 гаруй станц дээрх 3000 гаруй өгөгдөлд боловсруулалт буюу дисперсийн анализ хийж группын хурдны утгыг гаргаж авч эдгээрээс дараагийн шатны боловсруулалтад тавигдах шаардлагыг хангах 800-900 тооны группын хурдны өгөгдлийг түүж авсан.



Зураг 4. KMA:18 өргөн зурвасын станц (<http://web.kma.go.kr>)



Зураг 6. F-Net: 85 өргөн зурвасын станц (www.fnet.bosai.go.jp/)



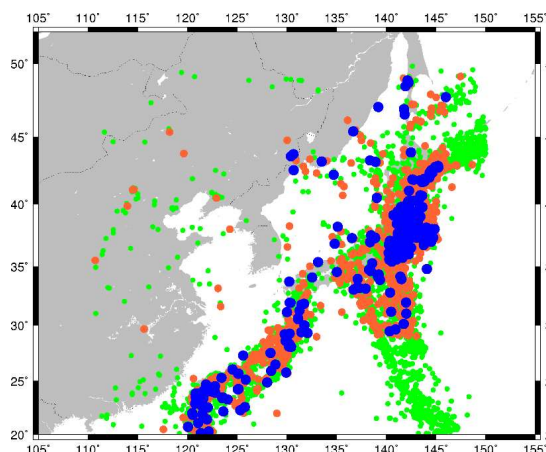
Зураг 5. IRIS-IC-NCD: 17 өргөн зурвасын станц (<http://ds.iris.edu/mda>)

Сонгож авсан 220 хөдлөлийн байрлал, магнитуд, эхлэл цаг, гүний талаарх мэдээллийг жишээ болгон цөөн хэдэн хөдлөлөөр Хүснэгт 2-д харуулж байрлалыг Зураг 7-д үзүүлэв. Станцуудад бүртгэгдсэн анхдагч өгөгдлүүд дисперсийн муруйг тооцоолж гаргах боловсруулалтын шаардлага хангах эсэхийг сейсмограм тус бүрд нь спектр анализ хийх, үелсэн шүүлтүүр тавих зэрэг шалгууруудаар тогтоосон. Энэ шаардлагыг хангах нийтдээ 3000 гаруй сейсмограмын босоо байгуулагчийн (Релейн долгион) цацрагийн замыг Зураг 8-д дүрслэн харууллаа. Эндээс харахад судалгааны талбайг бүрхэж байгаа цацрагийн замын нягтаршил нь хангалттай их байна.

Хүснэгт 2. Судалгаанд сонгогдсон хөдлөлүүдийн байрлал, магнитуд, эхлэл цаг, гүний мэдээлэл

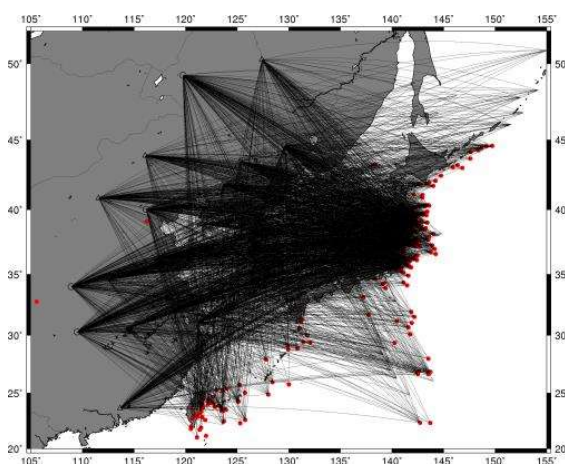
	Хөдлөлийн нэр	Маг	Эхлэл цаг	Өргөрөг, (°)	Уртраг, (°)	Гүн, км
1	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	6.6	1996/02/16 15:22:57.8	37.34	142.47	33.00
2	TAIWAN REGION	6.3	1996/03/05 14:52:28	24.09	122.22	29.50
3	KURIL ISLANDS	6.2	1996/05/07 23:20:00.6	43.71	147.61	53.90
4	TAIWAN REGION	6.8	1996/09/05 23:42:06	21.90	121.50	20.00
5	NEAR EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	6.2	1996/09/11 02:37:14	35.54	140.94	55.00
6	BONIN ISLANDS REGION	6.6	1996/11/06 20:00:58	28.00	143.54	9.00
7	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	6.1	1996/11/20 02:27:47	34.35	141.13	33.00
8	RYUKYU ISLANDS	6.3	1997/01/17 15:53:13	28.81	129.95	33.00

9	HOKKAIDO, JAPAN REGION	6.0	1997/02/20 07:54:58	41.86	142.74	33.00
10	KYUSHU, JAPAN	6.1	1997/03/26 08:31:47	31.92	130.43	10.00
11	KYUSHU, JAPAN	6.1	1997/05/13 05:38:30	31.82	130.28	33.00
12	KURIL ISLANDS	6.1	1997/07/14 16:09:35	43.25	146.38	33.00
13	SOUTHWESTERN RYUKYU ISLANDS	6.1	1997/08/13 04:45:04	25.03	125.77	55.00
14	SOUTH OF HONSHU, JAPAN	6.0	1997/09/30 06:27:24	31.96	141.88	10.00
15	SOUTH OF HONSHU, JAPAN	6.1	1997/11/10 23:06:44	31.19	140.49	86.00
16	SOUTHEAST OF TAIWAN	7.5	1998/05/03 23:30:21	22.31	125.31	33.00



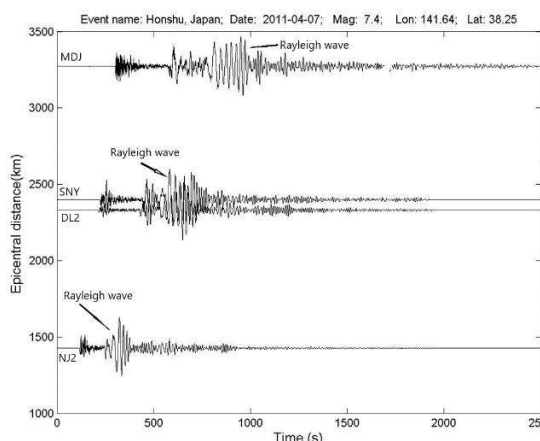
Зураг 7. Хөдлөлийн эпицентрүүдийн байршил.

Судалгааны хүрээнд сонгож авсан сейсмограмуудын нийтлэг төрх (Зураг 9)-т үзүүлсэн байдлаар дүрслэгдэнэ.



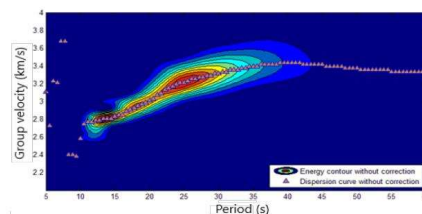
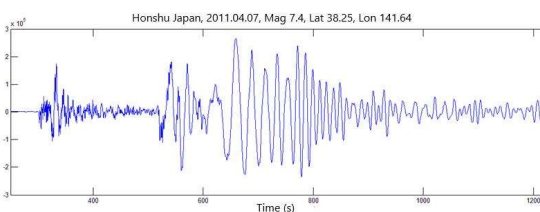
Зураг 8. Судалгааны ажилд сонгосон 220 хөдлөлийг 120 станцтай холбосон Релейн долгионы цацрагийн замууд. Бөөрөнхий - хөдлөлийн голомтууд, гурвалжин - станцууд.

Эдгээр хоёрдогч шатны боловсруулалтын шаардлага хангах сейсмограмуудыг А.М.Звонскийн олон шүүлтүүрийн анализийн [7] аргыг ашиглан дисперсийн анализ хийн группын хурдуудыг гарган авсан.



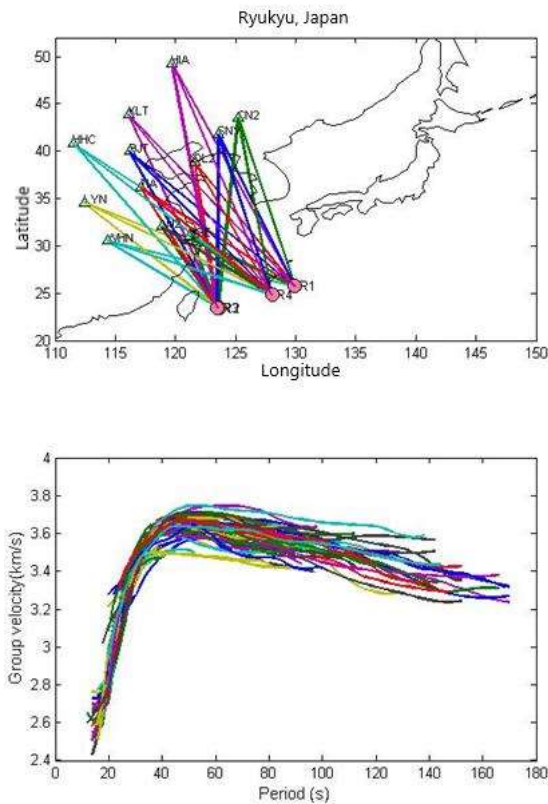
Зураг 9. Судалгаанд тавигдах шаардлага хангасан сейсмограмуудын ерөнхий төрх.

Энэхүү арга нь олон дахин дисперслэгдсэн дохионд боловсруулалт, дүн шинжилгээ хийхэд хурдан бөгөөд үр дүнтэй арга юм (Зураг 10). Анхдагч боловсруулалтын үр дүнд гарган авсан эдгээр муруйнуудыг синтетик буюу онолын сейсмограмтай [8] харьцуулан ажиглалт болон онолын загвар давхцаж байгааг шалгасан.



Зураг 10. Зургийн дээд хэсэг - станц дээр бүртгэгдсэн Релейн долгион буюу сейсмограммын босоо байгуулагч. Доод хэсэг - олон шүүлтүүрийн анализийн аргыг ашиглан гарган авсан дисперсийн муруй.

Энэ нь цаашдын боловсруулалт буюу хөндлөн долгионы хурдны бүтцийг гаргах инверсийн болон гадаргуугийн долгионы томографи хийх дараагийн боловсруулалтын үе шатны чанар болон шаардлагыг бүрэн хангасан өгөгдөл болж байгааг баталсан юм. Боловсруулалтын явцад шаардлага хангасан 800-900 дисперсийн муруйг гарган авсан. Эдгээр дисперсийн муруйнуудаас төлөөлөл болгон газар хөдлөлийн идэвхитэй голомтуудын нэг болох Японы Рьюку арлуудад болсон 4 хөдлөлийг сонгож эдгээр хөдлөлөөс Хятадын зүүн эрэг орчмоор байрлах станцуудад бүртгэгдсэн Релейн долгионы дисперсийн муруйнуудыг авч үзлээ (Зураг 11).



Зураг 11. Сонгосон 4 хөдлөлөөс сонгосон 12 станцын хооронд тархаж буй Релейн долгионы дисперсийн муруйнууд.

Гаргаж авсан дисперсийн муруйнуудаас харахад группын хурдны хамгийн их утга 40-50 секундйн завсарт харгалзаж байгаа нь энэ бүс нутагт хийсэн бусад судалгааны үр дүнтэй таарч байна [3,4]. Мөн бүх дисперсийн муруйн төрх Зураг 2-т үзүүлсэн группын хурдны хэлбэр төрхтэй тохирч байгаа нь цаашдын боловсруулалт буюу хөндлөн долгионы хурдны бүтцийг гаргах инверсийн болон гадаргуугийн долгионы томографи хийх дараагийн боловсруулалтын үе шатны чанар болон

шаардлагыг бүрэн хангасан өгөгдөл болж байна гэсэн чанарын үнэлгээг хийж байна.

ҮР ДҮН

Холын газар хөдлөлөөр үүсгэгдсэн урт үетэй (5-180 сек) Релейн долгионы дисперсийн анализийн үр дүнгээс харахад гаргаж авсан группын хурдны утга 2.4-3.8 км/с хооронд хэлбэлзэж байгаа нь харьцангуй өргөн завсарт өөрчлөгдөж байгааг харуулж байна. Мөн хөдлөлөөс станцууд хүртэлх Релейн долгионы цацаргийн замууд нь судалгааны талбайг хангалттай бүрхэж байна. Эдгээр нь тус талбайд тархаж буй хөндлөн долгионы хурдны 3 хэмжээст бүтцийг гаргах инверсийн боловсруулалтын шаардлагыг бүрэн хангасан мэдээллүүд болж байгаа юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Romanowicz, B. Inversion of Surface Waves: A Review.
- [2] Chough, S.K., Kwon, S.T., Ree, J.H, Choi, D.K., 2000. Tectonic and sedimentary evolution of the Korean Peninsula: a review and new view. *Earth-Science Reviews* 52, 175-235.
- [3] Chang, S.J., Baag, C.E., 2006. Crustal structure in Southern Korea from Joint Analysis of regional broadband waveforms and travel times. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 96.
- [4] Cho, K.H., Herrmann, R.B., Ammon, C.J., Lee, K., 2007. Imaging the upper crust of the Korean Peninsula by surface-wave tomography. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 97, B, 198-207, doi: 10.1785/0120060096.
- [5] Goldstein, P., 1998. SAC User's Manual, Laurence Livermore National Lab. University of California.
- [6] Dziewonski, A. M., S. Bloch, and M. Landisman, 1969. A technique for the analysis of transient seismic signals, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 59, 427 - 444, 1969.
- [7] Herrmann, R.B., Ammon, C.J., 2002. Computer programs in seismology-3.30: overview, structure, www.eas.slu.edu/People/RBHerrmann/CPS330.html (last accessed October 2009).